

EJU

INPI
INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

REC'D 30 OCT 2000

WIPO

PCT

FR00/2798

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

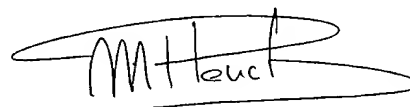
COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 27 SEP. 2000

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

DOCUMENT DE PRIORITÉ
PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)



Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis. rue de Saint Petersburg
75800 PARIS Cédex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30

THIS PAGE BLANK (USPTO)


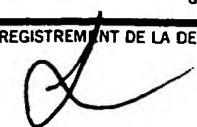
REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

DATE DE REMISE DES PIÈCES 8 OCT 1999 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL 9912563 DÉPARTEMENT DE DÉPÔT 75 INPI PARIS DATE DE DÉPÔT 08/10/1999		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET BEAU DE LOMENIE 158, rue de l'Université 75340 PARIS CEDEX 07	
2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle <input checked="" type="checkbox"/> brevet d'invention <input type="checkbox"/> demande divisionnaire <input type="checkbox"/> certificat d'utilité <input type="checkbox"/> transformation d'une demande de brevet européen <input type="checkbox"/> demande initiale <input type="checkbox"/> brevet d'invention		n° du pouvoir permanent H18384/46-PM références du correspondant 01.44.18.89.00 téléphone date	
Établissement du rapport de recherche <input type="checkbox"/> différé <input checked="" type="checkbox"/> immédiat Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance <input type="checkbox"/> oui <input type="checkbox"/> non Titre de l'invention (200 caractères maximum) "Procédé et dispositif de simulation et de représentation de l'habillage d'un mannequin"			
3 DEMANDEUR (S) n° SIREN Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination 1. LECTRA SYSTEMES 2. INVESTRONICA SISTEMAS S.A.		code APE-NAF Forme juridique 1. et 2. Société Anonyme	
Nationalité (s) 1. Française 2. Espagnole Adresse (s) complète (s) 1. Chemin de Marticot 33610 CESTAS 2. Tomas Breton 60-62 28045 MADRID		Pays FR ES	
4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs <input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée			
5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES <input type="checkbox"/> requise pour la 1ère fois <input type="checkbox"/> requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission			
6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE pays d'origine numéro date de dépôt nature de la demande			
7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n° date n° date			
8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (nom et qualité du signataire) MOUTARD PASCAL CPI N° 99-0300 		SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI 	

DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

DEPARTEMENT DES BREVETS

26bis, rue de Saint-Petersbourg

75800 Paris Cédex 08

Tél. : 01 53 04 53 04 - Télécopie : 01 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

99 12 563

TITRE DE L'INVENTION : "Procédé et dispositif de simulation et de représentation
de l'habillage d'un mannequin"

LE(S) SOUSSIGNÉ(S)

1. LECTRA SYSTEMES

Société Anonyme

2. INVESTRONICA SISTEMAS S.A.

Société Anonyme

DÉSIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

1. ZIAKOVIC Michel

29, rue Naujac

33000 BORDEAUX

France

2. YEPES SEGOVIA Ramon

Puerto de Canencia, 16

28220 MADRID

Espagne

NOTA : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance)
lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

Paris, le 7 octobre 1999



CABINET BEAU DE LOMENIE

MOUTARD Pascal

CPI N° 99-0300

DOCUMENT COMPORTANT DES MODIFICATIONS

PAGE(S) DE LA DESCRIPTION OU DES REVENDEICATIONS OU PLANCHE(S) DE DESSIN			R.M.*	DATE DE LA CORRESPONDANCE	TAMPON DATEUR DU CORRECTEUR
M.ifiée(s)	Supprimée(s)	Ajoutée(s)			
27-31			RM	22.06.2000	ECO 29 JUIN 2000

Un changement apporté à la rédaction des revendications d'origine, sauf si celui-ci découle des dispositions de l'article R.612-36 du code de la Propriété Intellectuelle, est signalé par la mention «R.M.» (revendications modifiées).

Domaine technique et art antérieur

5 L'invention concerne le domaine de la simulation de l'habillage d'un mannequin, et trouve notamment application dans les industries de la confection et/ou de la couture.

De plus en plus, les industriels de la confection utilisent des bases de données dans lesquelles les vêtements sont classifiés ou
10 répertoriés en deux dimensions. On cherche donc, à partir des données contenues dans ces bases, à simuler l'habillage d'un mannequin, sans avoir à effectuer une phase de réalisation sur un mannequin classique "réel".

Plus précisément, l'invention décrit un procédé et un dispositif
15 pour la mise en place, sur un mannequin virtuel, d'un vêtement flottant initialement décrit par ses pièces de tissu en deux dimensions. Le problème est de coudre les pièces entre elles dans un espace tridimensionnel (3D) et de placer le vêtement ainsi obtenu, autour du mannequin virtuel, dans une position correcte.

20 Selon un procédé connu, illustré sur la figure 1, on place des pièces de vêtement 2, 4, 6 à assembler, approximativement en face de leur position définitive autour d'un mannequin 8. Puis, on relie les lignes à coudre par des "élastiques" 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22. La simulation du tissu est ensuite réalisée, en "apesanteur". Les pièces se
25 rapprochent les unes des autres et finissent par se stabiliser bord à bord. Il ne reste plus qu'à coudre.

La simulation du rapprochement des pièces selon ce procédé prend beaucoup de temps, car le calcul du comportement physique d'un tissu moyennement rigide, comme le coton, implique l'utilisation
30 d'algorithmes d'intégration d'équations différentielles de type Euler, ou Runge-Kutta, avec un pas de temps nettement inférieur à la demi-période d'oscillation entretenue la plus courte de l'équation différentielle (dépasser ce pas de temps implique une augmentation exponentielle des erreurs, et donc le tissu explose).

35 Pour un maillage raisonnable des pièces (triangles de taille centimétrique), une masse surfacique M d'environ $0,2 \text{ kg/m}^2$, une raideur

k en chaîne/trame d'environ 1000 N/m, on est contraint d'adopter un pas de temps de 0,1 milliseconde. On obtient donc une fréquence d'environ 1kHz ($f = \sqrt{(k / M) / 2\pi}$).

5 D'autres méthodes de résolution d'équations différentielles, dites méthodes implicites, permettent de dépasser ce pas de temps, mais le coût de leur mise en œuvre est supérieur au gain obtenu, du fait de la non-linéarité des équations et des calculs relatifs aux collisions.

Or, un vêtement classique (une chemise) représente environ 1,5 m² de tissu. Avec un maillage moyen de 1 cm², on obtient un
10 maillage de ce vêtement d'environ 15000 éléments. Chaque étape du calcul demande la mesure des forces s'appliquant sur chaque élément, et donc au minimum quatre mesures de la distance le séparant des voisins (chaîne, trame et cisaillements), ce qui, en 3D, représente 12 soustractions, 12 multiplications, et surtout 4 extractions de racines
15 carrées. On est donc amené à faire environ 60000 racines carrées, et 180000 multiplications, au minimum, à chaque pas de temps.

Curieusement, et malencontreusement, l'ajout de viscosités de l'ordre des viscosités critiques oblige à diminuer encore le pas de temps. On ne peut donc espérer dissiper très vite l'énergie cinétique de
20 rapprochement. Une vitesse de rapprochement très élevée (due à des élastiques très raides) entraîne des plissements et des étirements, et peut aussi contraindre à réduire le pas de temps. On ne peut donc probablement pas espérer joindre les pièces en moins d'1 seconde de temps simulé, soit 10000 étapes de calcul. On obtient un total de
25 1,8 milliard de multiplications, et 600 millions d'extractions de racines carrées. Il faut en outre ajouter le temps de gestion des collisions tissu/tissu et tissu/mannequin.

Diverses optimisations sont possibles, mais le temps total de calcul reste imposant (des dizaines de minutes sur un microprocesseur
30 "pentium 2").

Le document US - 5 615 318 décrit un procédé dans lequel une forme tridimensionnelle est d'abord réalisée en assemblant les pièces de vêtement. Puis des sections d'un modèle standard de mannequin sont dilatées jusqu'à ce que certaines de ces sections
35 dilatées correspondent à des sections de la forme 3D, et en laissant des

espaces entre le mannequin et le vêtement au niveau des autres sections.

Le calcul de la dilatation est assez complexe. Il nécessite de repérer des points caractéristiques correspondants sur le mannequin et sur les pièces de chaque vêtement, et de calculer des longueurs d'arcs caractéristiques passant par certains de ces points caractéristiques. Les arcs caractéristiques passent par exemple par le cou, les épaules, ou le buste. Un facteur de dilatation est déduit pour chacun de ces arcs.

10 Exposé de l'invention.

L'invention a pour objet un procédé pour visualiser un vêtement composé de pièces de vêtement sur un mannequin virtuel, ou pour habiller, avec des pièces de vêtement, un mannequin virtuel représenté en trois dimensions, ce procédé comportant :

- 15 - le dépôt des pièces de vêtement à la surface du mannequin,
- la jonction des pièces de vêtement selon leurs lignes de couture,
- et la relaxation des pièces de vêtement, depuis leur position à la surface du mannequin vers leur position d'équilibre sur le mannequin.

20 Selon l'invention, les pièces sont d'abord "peintes" à la surface du mannequin, de façon jointive, sans respect de la géométrie ou du comportement physique du tissu. En d'autres termes, les pièces sont plaquées contre le mannequin. Pour cette étape, les pièces sont déformées de manière continue, sans déchirement ni intersection.

Elle sont ensuite "cousues", par proximité géométrique.

Enfin, l'énergie de compression du tissu est minimisée : le tissu est relaxé, ou "regonflé". Il passe d'un état où cette énergie de compression est importante à un état où elle est réduite à une valeur compatible avec la position du vêtement sur le mannequin.

La forme 3D obtenue est alors prête pour la simulation de drapé du tissu.

Le procédé selon l'invention présente un temps de calcul réduit par rapport aux méthodes utilisant la simulation du tissu pour effectuer le montage, la couture et l'enfilage du vêtement, en respectant à tout instant les dimensions et les efforts dans le tissu.

L'invention évite les étapes préalables de simulation du tissu, puis de rapprochement du tissu sur le corps ou le mannequin. Elle évite en particulier les calculs du comportement physique du tissu, avant assemblage. Elle permet de résoudre les problèmes de temps de calcul, en supprimant les contraintes physiques liées à la simulation du tissu et au rapprochement du tissu, et en réalisant ou en simulant directement les coutures (jonction des pièces du vêtement).

Plus précisément, le procédé selon l'invention permet de s'abstraire temporairement du respect de la géométrie (respect des longueurs, des angles du tissu) pour ne garder que les relations de continuité classiques en topologie : elle ne met en œuvre que des déformations continues.

Enfin, l'invention permet d'éviter les calculs complexes de dilatation qui impliquent une déformation du mannequin : en particulier, la relaxation met en œuvre une déformation du vêtement, mais pas du mannequin.

Selon un aspect particulier de l'invention, le dépôt des pièces de vêtement à la surface du mannequin comporte l'établissement d'une relation point à point, ou bijective et continue, entre la pièce, ou une partie de cette pièce, ou des points représentatifs d'une telle partie, et une portion correspondante de la surface du mannequin, ou des points d'une telle portion.

Cette relation permet d'appliquer, ou de plaquer, la pièce de vêtement contre le mannequin.

L'étape de relaxation peut ensuite comporter:

- la subdivision de la pièce de vêtement en un premier ensemble de parties,

- la déformation de cet ensemble de parties, en minimisant une fonction d'énergie, qui peut être l'énergie de traction.

Elle peut comporter, en outre :

- la subdivision de la pièce de vêtement en un deuxième ensemble de parties, plus petites que les parties du premier ensemble,

- la déformation de ce deuxième ensemble de parties, en minimisant une fonction d'énergie, qui peut être là encore l'énergie de traction.

Les déformations peuvent être choisies de façon à respecter les relations topologiques du volume euclidien. Le résultat de ce choix est que le calcul des collisions du tissu devient inutile.

Une telle déformation peut par exemple comporter :

- 5 - un déplacement le long de lignes de champ issues du mannequin,
- un déplacement le long de la surface du tissu, dans les autres directions.

10 L'invention a également pour objet un procédé pour réaliser des pièces de vêtement, comportant:

- la visualisation préalable du vêtement sur un mannequin virtuel, selon un procédé tel que décrit ci-dessus,
- la réalisation des pièces du vêtement.

15 La visualisation peut avoir lieu en un lieu distinct du lieu de réalisation physique des pièces de vêtement, les données sur les pièces de vêtement visualisées étant transférées, après visualisation ou simulation, sur le lieu de réalisation des pièces de vêtement.

20 L'invention a également pour objet un dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

Ainsi l'invention concerne également un dispositif pour visualiser des pièces de vêtement sur un mannequin, comportant:

25 - des moyens de calcul, ou des moyens spécifiquement programmés, pour:

- réaliser le dépôt de la pièce de vêtement sur la surface du mannequin ou sur une surface déduite de celle du mannequin,

- joindre les pièces de vêtement selon leurs lignes de

30 couture,

- réaliser une relaxation des pièces du vêtement, depuis leur position à la surface du mannequin vers leur position d'équilibre sur le mannequin, et

- des moyens pour visualiser le mannequin avec les pièces de

35 vêtement sur le mannequin.

En outre, il est possible de visualiser préalablement le mannequin sélectionné et/ou les pièces de vêtement sélectionnées.

5 Ce dispositif peut comporter en outre des moyens pour modifier une pièce de vêtement sélectionnée ou pour remplacer une pièce de vêtement par une autre pièce de vêtement.

L'invention a également pour objet un dispositif pour réaliser des pièces de vêtement, comportant :

- 10 - un dispositif de visualisation selon l'invention, tel que ci-dessus,
- des moyens pour réaliser la découpe de pièces de vêtement,
- des moyens de transmission de données entre le dispositif de visualisation et les moyens pour réaliser la découpe des pièces de
- 15 vêtement.

Les moyens pour réaliser la découpe des pièces de vêtement peuvent être commandés par un microordinateur, les moyens de transmission de données reliant alors le dispositif de visualisation et le microordinateur.

20 Les moyens de transmission de données peuvent par exemple faire partie d'un réseau de communication.

Brève description des figures

25 Les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui va suivre. Cette description porte sur les exemples de réalisation, donnés à titre explicatif et non limitatif, en se référant à des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre un procédé de simulation d'assemblage selon l'art antérieur ;
- 30 - les figures 2 à 6 sont des exemples d'étapes d'application de pièces de vêtement à un mannequin, dans le cadre d'un procédé selon l'invention ;
- la figure 7 illustre une étape d'insertion d'une ligne homologue sur un mannequin ;
- 35 - la figure 8 représente schématiquement une portion d'un mannequin et un système de repérage en coordonnées elliptiques ;

- les figures 9A et 9B représentent schématiquement, respectivement, des lignes caractéristiques d'une partie d'un mannequin et une partie d'un mannequin, topologiquement homologues à une pièce de vêtement ;

5 - la figure 10 représente la partie de mannequin de la figure 9B, en développement dans un plan ;

- la figure 11 représente une triangulation d'une pièce de vêtement ;

10 - la figure 12 représente des étapes d'un procédé pour plaquer une pièce de vêtement contre le mannequin ;

- la figure 13 représente schématiquement un procédé économique en déplacement pour rétablir les longueurs d'une chaîne de droites comprimée ;

15 - la figure 14 représente des étapes d'un procédé de relaxation selon l'invention ;

- les figures 15A et 15B représentent un noeud de maillage entouré de triangles ;

20 - la figure 16 représente un polygone, dans un ensemble de triangles, ce polygone contenant tous les points qui voient les contours extérieurs de tous les triangles ;

- les figures 17A et 17B représentent le déplacement d'un point de maillage triangulaire évitant les problèmes de retournement ;

- la figure 18 représente la zone de déplacement d'un point de maillage triangulaire, compatible avec la condition de non-retournement ;

25 - la figure 19 représente schématiquement un procédé général d'habillage de mannequin, de simulation et d'analyse de "portabilité" selon l'invention ;

- la figure 20 représente les étapes d'un procédé d'habillage de mannequin selon l'invention ;

30 - les figures 21A et 21B représentent un dispositif pour la mise en œuvre de l'invention, et

- la figure 22 représente un dispositif de découpe, couplé à un dispositif de simulation et de visualisation selon l'invention.

Description détaillée de modes de réalisation de l'invention

Dans la suite, on appelle "mannequin" une représentation informatique du volume (ou de la partie utile du volume) d'un mannequin de confection ou d'un corps humain. Pour les besoins de l'explication, le volume sera supposé décrit par sa surface externe, elle-même décrite comme un maillage triangulaire, les sommets des triangles du maillage étant des points de cette surface externe. D'autres représentations sont possibles (surface extérieure paramétrique, ou encore, volume défini par des voxels (petits éléments de volume)).

Divers types de mannequins peuvent être définis, en fonction de différents paramètres, par exemple l'âge et/ou le sexe de la personne que le mannequin représente. Il est possible de prévoir divers types de mannequin, et de faire une sélection d'un type de mannequin particulier. En particulier, une base de données "mannequins" peut être initialement définie, dans laquelle un utilisateur peut sélectionner un mannequin particulier, en fonction des besoins. Une telle base de données peut être préalablement mémorisée dans un système informatique, comme décrit plus loin dans ce texte.

Le brevet US-5 850 222 décrit une modélisation de mannequin, utilisable dans le cadre de la présente invention.

Le "vêtement" signifie la représentation informatique des pièces bidimensionnelles (2D) d'un vêtement, par leurs lignes de fini et leur découpe. Le fini d'une pièce est l'ensemble des lignes délimitant la partie apparente de la pièce une fois montée. Le fini contient les lignes de couture, les limites visibles des ourlets et les lignes de pli ou de pince. Le fini est associé à une notion implicite d'intérieur. La partie de tissu extérieure au fini (c'est-à-dire entre le fini et la découpe) est appelée la valeur de couture. Les pièces sont supposées décrites avec l'axe x correspondant au sens de chaîne du tissu (le "droit fil"), là où elles doivent être découpées.

Là encore, divers types de vêtements peuvent être définis, en fonction de différents paramètres, par exemple l'âge et/ou le sexe de la personne à laquelle le vêtement est destiné. Il est possible de prévoir divers types de vêtements, et de faire une sélection d'un type de vêtement particulier. En particulier, une base de données "vêtements"

peut être initialement définie, dans laquelle un utilisateur peut sélectionner un vêtement particulier, en fonction des besoins. Une telle base de données peut aussi être préalablement mémorisée dans un système informatique, comme décrit plus loin dans ce texte.

5 Une étape préliminaire d'un procédé selon l'invention peut donc consister en la sélection et/ou la visualisation d'un type de mannequin et d'un type de vêtement particuliers.

D'une manière générale, on procède, selon l'invention, à une première étape de dépôt des pièces du vêtement à la surface, ou contre
10 la surface, du mannequin. Mais on ne tient pas compte, pour cette étape, du respect de la géométrie ou du comportement physique du tissu. On ne prend en compte que les relations de continuité, classiques en topologie ; par exemple, les déformations sont réalisées de manière continue, sans déchirement ni intersection.

15 Selon un exemple, illustré en figure 2, on applique une pièce 30, dite "demi-devant", à la surface correspondante du buste 32 d'un mannequin.

Il est possible, dans le cas de pièces partielles, et comme illustré sur la figure 3, de fusionner préalablement des morceaux 34, 36
20 pour obtenir une pièce 30 à appliquer à la partie 32 du mannequin. Chacun des morceaux 34, 36 peut faire initialement partie de la base de données utilisée par le confectionneur.

Il est également possible, comme illustré sur la figure 4, dans le cas d'une pièce de vêtement 38 comportant une ou plusieurs pince(s)
25 40, de refermer celle(s)-ci préalablement à l'application ou au dépôt de la pièce sur le mannequin. Cette fermeture des pinces ne nécessite pas de respecter les longueurs de la pièce.

Dans certains cas de pièces atypiques ou complexes, il est préférable de sectionner la pièce en sous-pièces de forme plus
30 classique, de manière à simplifier l'étape de dépôt ou d'application de la pièce à la surface du mannequin.

Ainsi, la figure 5 représente une pièce 40 de forme initialement complexe, comportant les parties avant et arrière d'une même demi-pièce. Un découpage permet d'en isoler la partie avant 30
35 qui est ensuite appliquée au mannequin 32.

Dans certains cas, selon le type de vêtement ou de pièce, on appliquera celui-ci ou celle-ci, non pas directement à la surface initiale du mannequin, mais à une surface déduite du mannequin ou déduite de la surface externe qui définit le mannequin.

5 Ce résultat peut être obtenu en calculant l'enveloppe convexe de la surface utile du mannequin ou de la partie considérée du mannequin.

Dans le cas d'une surface utile comportant deux parties séparées du mannequin, on peut aussi calculer la surface résultant de l'accumulation de polygones convexes de sections choisies, par
10 exemple horizontales, des deux parties considérées du mannequin.

Par exemple, comme illustré sur la figure 6, dans le cas d'une jupe 44 (ou d'une robe, etc.), le vêtement ne correspond plus topologiquement à la surface du mannequin 48 : la surface de la jupe,
15 une fois celle-ci appliquée en trois dimensions, présente deux trous 43, 45, tandis que la surface utile du mannequin (réduite aux jambes et au bassin) présente trois trous 47, 49, 51. On corrige donc la surface du mannequin en comblant l'espace entre les deux jambes. La méthode la plus simple est d'utiliser un mannequin présentant déjà cette propriété.
20 On peut aussi obtenir automatiquement ce résultat en calculant l'enveloppe convexe de la surface utile du mannequin ou, plus simplement encore (du point de vue du temps de calcul), en calculant la surface résultant de l'accumulation des polygones convexes de sections horizontales des jambes.

25 Ainsi, la figure 6 représente l'application d'un panneau 44 de jupe à une surface 46 déduite du mannequin 48. Le résultat est équivalent à introduire les deux jambes dans un fourreau.

Le choix entre les différentes techniques, exposées ci-dessus en liaison avec les figures 2 à 6, sera effectué grâce à la connaissance
30 du type de vêtement, du type de pièce et de points et/ou de lignes caractéristiques des pièces.

Pour réaliser l'étape d'application de la pièce au mannequin, (ou contre le mannequin) on peut définir une relation point à point entre ladite pièce et la surface du mannequin. Cette relation respecte les
35 relations de continuité classiques de la topologie.

Ainsi, chaque point de la surface du mannequin ou (dans le cas décrit ci-dessus en liaison avec la figure 6) de la surface déduite du mannequin, est associé à un et un seul point du vêtement ou de la pièce de vêtement à appliquer.

5 Plus généralement, on peut définir des relations bijectives et continues (homologies) entre les pièces 2D du vêtement et des portions de surfaces du mannequin ou des portions de surface simplement déduites du mannequin.

10 Les exemples donnés ci-dessus, en relation avec les figures 2 à 6 peuvent donc être décrits en termes de relation continue biunivoque, ou point à point, ou en termes de bijection continue, c'est-à-dire d'homologie.

La figure 2 correspond alors à une homologie entre une pièce demi-devant et la surface correspondante du mannequin, et la figure 6 à
15 une homologie entre un panneau de jupe et une surface déduite du mannequin. Dans le cas de la figure 5, le fait de découper préalablement la pièce complexe permet de simplifier le calcul de l'homologie.

D'une manière plus générale, on peut définir des relations topologiques entre le vêtement et le mannequin (ou le corps) qu'il
20 habille, relations exprimées par des surfaces et/ou des courbes et/ou des points homologues.

Ainsi, selon un autre exemple, illustré sur la figure 7, dans le cas d'une pièce partielle 50, on peut construire sur le mannequin 32 une, ou des, ligne(s) frontière 52 homologue(s) à la, ou aux, ligne(s) non
25 classique(s) 53 de la pièce 50.

On décrit plus loin un procédé pour établir une telle correspondance ou relation homologique.

Par ailleurs, on pratique un maillage du vêtement ou de la pièce 2D, apte à supporter la simulation du tissu, par exemple un
30 maillage triangulaire.

A l'aide de l'homologie et des normales à la surface du mannequin, on reporte ensuite, couche par couche (doublure, drap, poches), le maillage des pièces sur la surface 3D du mannequin. Les pièces sont alors plaquées contre la surface du mannequin, de manière
35 irréaliste. Il est possible d'ajouter une épaisseur faible entre des

couches successives, afin de mettre les pièces dans l'ordre où elles se présenteront en fin de procédé.

On effectue ensuite les coutures (ou les recollages) entre les maillages des pièces à l'aide des lignes 3D et de la contiguïté géométrique des maillages.

Le vêtement est alors topologiquement complet, cousu et enfilé sur le mannequin. Par contre, il est généralement extrêmement comprimé et déformé (il peut être par exemple étiré par endroits) et ceci de façon irréalisable physiquement. Ceci est normal puisque le vêtement est plaqué contre le mannequin ; en effet, comme déjà expliqué ci-dessus, les étapes initiales du procédé selon l'invention ne tiennent pas compte du respect de l'aspect mécanique et/ou géométrique du matériau constitutif du vêtement.

D'ailleurs, pour une forme donnée de pièce de vêtement, le résultat de ce "plaquage" est le même quelle que soit la longueur ou la taille de ladite pièce de vêtement.

Une méthode va maintenant être décrite, qui permet de bâtir une homologie entre le mannequin et une pièce de vêtement.

Le mannequin est tout d'abord séparé en différentes parties simples :

- tronc et bassin
- jambes (ou haut et bas de la jambe)
- bras (ou avant et arrière-bras).

Si une pièce couvre plusieurs de ces parties, la pièce est coupée aussi selon une ligne homologue, comme déjà décrit ci-dessus en liaison avec la figure 5.

Comme illustré sur la figure 8, les parties du mannequin sont décrites en coordonnées elliptiques. Pour chaque partie, on choisit l'axe AA' le plus adapté: dans le cas de l'exemple de la figure 8 (tronc du mannequin), on choisit par exemple un axe passant d'une part par le centre de symétrie d'une première section S_1 (passant par le cou) et d'autre part par le centre de symétrie d'une seconde section S_2 , ici une section abdominale. Chaque point M est donc décrit par un ensemble de coordonnées r, ρ, θ , où r désigne la distance du point M au centre O du repère de coordonnées. ρ et θ permettent de repérer le point M

respectivement par rapport à un plan horizontal et à un plan vertical de référence.

Il se peut que, pour certaines surfaces, il existe un couple (ρ, θ) correspondant à plusieurs valeurs de r . Cela signifie qu'il existe, selon une certaine direction, plusieurs "niveaux" de surface du mannequin, à différentes distances du centre O. Dans ce cas, on peut modifier le volume du mannequin en ne retenant que le(s) point(s) pour le(s)quel(s) r est maximum. On a d'ailleurs déjà décrit ci-dessus un autre exemple de modification de la surface du mannequin (figure 6). C'est la surface modifiée ou, dans le cas exposé ici, la surface définie par les points de coordonnée r maximum, qui définit la surface à partir de laquelle l'homologie sera établie.

On isole ensuite du volume une partie topologiquement homologue à la pièce, en utilisant les lignes caractéristiques du mannequin. Ces lignes caractéristiques définissent des surfaces du mannequin pouvant être mises à plat.

Des exemples de telles lignes L_i ($i = 1, 2, \dots, 31$) sont données, pour le haut d'un mannequin, sur la figure 9A:

- L_1, L_3 : lignes définissant l'emmanchure droite
- L_2, L_4 : lignes définissant l'emmanchure gauche
- L_5 : ligne définissant l'épaule droite
- L_6 : ligne définissant l'épaule gauche
- L_7 : ligne définissant le côté droit
- L_8 : ligne définissant le côté gauche
- L_9, L_{11}, L_{12} : lignes définissant la taille
- L_{10} : ligne définissant le milieu, devant
- L_{13}, L_{14}, L_{15} : lignes définissant le cou
- L_{16}, L_{18} : lignes définissant le poignet droit
- L_{17}, L_{19} : lignes définissant le poignet gauche
- L_{20}, L_{22} : lignes définissant le coude droit
- L_{21}, L_{23} : lignes définissant le coude gauche
- L_{24}, L_{26} : lignes définissant l'avant bras droit
- L_{25}, L_{27} : lignes définissant l'avant bras gauche
- L_{28}, L_{30} : lignes définissant l'arrière bras droit
- L_{29}, L_{31} : lignes définissant l'arrière bras gauche

La figure 9B représente la partie supérieure avant d'un mannequin, découpée suivant certaines lignes caractéristiques.

On projette ensuite (figure 10), sur le plan (ρ, θ) , cette partie homologue. Cette opération ainsi que le contour obtenu s'appellent la "projection" de la pièce sur le mannequin. Les données relatives à cette projection sont mémorisées.

Cette projection est en bijection avec la surface (corrigée par le maximum de rayon) du mannequin.

En fait est donc préalablement réalisée une projection, sur un plan, de la zone sélectionnée du mannequin. Ainsi est établie une première bijection entre la surface (en 3D) du mannequin et sa projection sur un plan.

Par ailleurs, comme illustré sur la figure 11, à partir de la forme de la pièce, on bâtit une triangulation, en maintenant le même nombre de points sur les parties du contour cousues avec d'autres pièces.

On va alors déformer progressivement la triangulation (le "mesh") de la pièce pour l'amener à coïncider avec sa projection, en évitant tout retournement de triangles. On décrit plus loin le déplacement d'un point de maillage triangulaire, sans retournement.

L'algorithme de déformation utilisé consiste, à chaque étape, à d'abord déplacer les points du contour vers une nouvelle position se rapprochant du contour désiré, et ceci en respectant la contrainte de non-retournement des triangles, tout en s'assurant que le nouveau contour reste un polygone simple, c'est-à-dire ne s'auto-intersecte pas. Il existe en effet deux possibilités, pour les triangles, d'être superposés : par retournement d'un triangle, ou dans le cas d'un polygone complexe. Ensuite, tous les autres points de la triangulation sont déplacés à l'emplacement de la moyenne des points qui les entourent, en respectant la contrainte de non-retournement des triangles. Pour chaque point, est calculé le barycentre de ses voisins, et ce point suit donc ce barycentre. La déformation du maillage triangulaire repose donc sur des effets de déplacements moyens.

Dans la pratique, les contours initiaux et finaux sont suffisamment semblables pour qu'il soit souvent inutile de respecter la contrainte "polygone simple". Il suffit que la triangulation initiale soit

réduite, par un facteur d'échelle, à tenir à l'intérieur de sa projection. On peut ensuite aller en ligne droite, pas à pas, du contour du mesh au point correspondant de la projection.

On obtient donc une projection réversible de chaque point de la pièce sur un point du mannequin. Les données concernant cette projection sont mémorisées. Pratiquement, on mémorise les correspondances des sommets des triangles avec des points de la projection du mannequin. On obtient, par ailleurs, les lignes à coudre (dont les données correspondantes sont elles aussi mémorisées).

Une application de cette projection permet de mettre en place les pièces à la surface du mannequin.

En effet, selon l'invention, deux bijections sont successivement réalisées:

- une première bijection, entre le mannequin ou une partie de celui-ci, défini(e) en trois dimensions, et une projection de ce mannequin ou de cette partie, en deux dimensions,

- une seconde bijection, entre la projection du mannequin et la, ou les, pièce(s) correspondante(s) de vêtement, qui a (ont) une représentation bidimensionnelle.

A l'aide des données mémorisées concernant ces opérations, une combinaison de ces deux bijections permet de plaquer le vêtement (ou sa couche la plus interne) contre la surface du mannequin, ou encore de déposer les pièces de vêtement à la surface du mannequin, puisque chaque point de la pièce de vêtement considérée est en correspondance avec un point de la surface du mannequin.

Les couches, constituant le vêtement (doublure, toile, col...), sont placées en 3D par couches successives, séparées par une épaisseur suffisamment faible pour préserver la bijectivité. Cette épaisseur est liée au rayon de courbure minimum de la surface du mannequin.

Plus précisément, pour chaque portion du mannequin, l'épaisseur séparant deux couches successives est choisie très petite devant le rayon de courbure de ladite portion du mannequin, et la somme des épaisseurs successives est inférieure à ce même rayon de courbure. La couche la plus interne est de préférence plaquée contre le

mannequin ; autrement dit, l'épaisseur séparant cette couche interne de la surface du mannequin est nulle.

On réalise ensuite les coutures, ou la jonction des pièces de vêtement selon leurs lignes de couture, c'est-à-dire la fusion des points et des côtés appartenant aux bords cousus (la bijectivité permet de les retrouver).

La figure 12 résume les opérations de plaquage d'un vêtement contre le mannequin.

Dans une première étape (S26), on isole du volume du mannequin une partie topologiquement homologue à la pièce.

Puis (étape S28) cette partie est projetée en deux dimensions, sur un plan.

La triangulation de la pièce de vêtement, obtenue préalablement ou simultanément aux opérations précédentes, est ensuite déformée (étape S29).

Les données obtenues lors de ces deux dernières étapes peuvent être mémorisées.

On reporte ensuite (étape S30) les différentes couches de vêtement contre la surface du mannequin.

Enfin, les coutures sont réalisées (jonction des pièces de vêtement selon leurs lignes de couture: étape S31).

Le vêtement est alors prêt pour la relaxation.

Le but de la relaxation est de ramener chaque pièce de vêtement vers son état d'équilibre. Plus précisément, l'état énergétique du tissu, initialement très élevé en raison du traitement topologique expliqué ci-dessus, est ramené vers une valeur proche du minimum, compatible avec le lancement de la simulation du matériau. Différents algorithmes sont possibles. On peut utiliser un modèle plus ou moins simplifié et/ou réaliste de simulation du tissu (gérant les collisions), par introduction directe dans un tel modèle.

La comparaison des différentes caractéristiques des tissus montre que (en général) le facteur énergétique dominant (pour un déplacement quelconque) est la résistance à la traction. Cette dernière est généralement au moins 100 fois plus grande que la résistance au cisaillement, et encore plus grande face à la résistance à la courbure,

pour des courbures typiques. La résistance à la courbure devient non négligeable si l'on essaie de plier à angle vif le tissu.

La méthode la plus économique en déplacement pour rétablir les longueurs d'une chaîne de droites comprimée (la compression est le cas général) consiste, comme illustré sur la figure 13, à "froisser" la ligne.

C'est ce qui est classiquement réalisé, par exemple dans le cadre des algorithmes déplaçant chaque point pour rétablir les distances avec ses voisins. Mais, des problèmes se posent alors, liés à l'obtention de courbures trop importantes. De plus, les plis obtenus sont alors une fonction directe du pas de maillage, et ne sont donc pas des paramètres physiques. Enfin, les algorithmes rapides d'anti-collision ont des temps de calcul généralement très liés à la régularité des surfaces à traiter.

L'introduction, dans l'algorithme, d'une résistance à la courbure pour lutter contre le froissement a pour conséquence des calculs alourdis; de plus, la résistance à la courbure doit être alors exagérée (relativement à celle du tissu), et ceci risque d'amener à une solution bloquée (minimum local), où de fortes résistances à la traction subsistent, compensées par de fortes résistances à la courbure.

Selon l'invention, on peut aussi traiter le problème à partir des grandes surfaces, puis "descendre" vers les petites surfaces. Par exemple, on "déforme" de façon homogène tout d'abord tout le vêtement, de préférence en recherchant un minimum d'énergie de traction (on donne plus loin les exemples de calcul de l'énergie). On déforme ensuite un ensemble de grandes sous-parties du vêtement, puis des ensembles de parties de plus en plus petites... etc. La taille d'une partie peut être définie en fonction du nombre de triangles qu'elle contient : ainsi, le nombre moyen de triangles de chaque partie du premier ensemble est choisi plus grand que le nombre moyen de triangles de chaque partie de l'ensemble suivant, et ce deuxième nombre est lui-même plus grand que le nombre moyen des triangles de chaque partie d'un troisième ensemble...etc. Le froissement est évité en utilisant des déformations "douces" de l'espace, c'est-à-dire de préférence continues, dérivables et de préférence encore dont la dérivée est continue (fonction C^2 , d'un point de vue mathématique).

Cette technique présente l'avantage suivant. La déformation choisie est une déformation (continue et dérivable) de l'espace, au lieu simplement d'une déformation du tissu. On déplace donc chaque point en fonction de sa position dans l'espace, et non pas en fonction de sa position par rapport à ses voisins. Les déformations peuvent alors être choisies de façon à respecter les relations topologiques du volume euclidien. Le résultat de ce choix est que le calcul des collisions du tissu devient inutile : la doublure ne peut plus traverser la toile, la manche ne peut plus toucher le petit côté, le vêtement ne peut pas pénétrer le mannequin... etc. La triangulation est de préférence choisie suffisamment dense pour que la déformation de l'espace autour d'un triangle élémentaire puisse être considérée comme linéaire.

Le mannequin reste, lui, indéformé.

Pour obtenir une déformation satisfaisant aux critères ci-dessus, il suffit de se déplacer, dans un sens, le long de lignes de champ (au sens de champ de potentiel) issues du mannequin, et, dans les deux autres directions, le long de la surface même du tissu à l'instant considéré, en évitant, dans ce repère local au tissu, tout retournement de triangle. Au bord du tissu (où la surface n'est pas définie), il suffit de rester sur la même équipotentielle. Pour éviter le déshabillage dans le cas d'un mannequin trop simple (c'est le cas notamment d'un tronc sans les bras), on peut par exemple induire une faible tendance à descendre.

Le coût de calcul d'un champ de potentiel est élevé, mais le résultat ne dépend que du mannequin (et du type de champ choisi). Il suffit alors de stocker, ou de mémoriser, ces lignes de champ avec le mannequin. Les lignes finissent rapidement par être des droites fuyantes, ce qui évite de les calculer ou de les stocker sur une grande longueur.

Le calcul d'un champ de potentiel est donné dans l'ouvrage intitulé "Introduction to Implicit Surfaces", édité par J. Bloomenthal et al., Morgan Kaufmann Publishers, The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics and Geometric Modeling, 1997.

On choisit une fonction de déformation le long de chaque ligne de champ. Cette fonction est optimisée selon un critère de minimisation de l'énergie.

La subdivision de la partie de vêtement à traiter peut consister à isoler des zones connexes globalement comprimées ou étirées. Un découpage connexe arbitraire fonctionne aussi bien, au prix d'une légère dégradation des performances.

- 5 Le résultat souhaité est alors atteint : le vêtement est cousu, enfilé sur le mannequin, et il ne subit que des contraintes faibles, compatibles avec le lancement d'une simulation réaliste du tissu.

L'énergie de traction de chaque pièce est calculée par rapport à la position initiale de cette pièce, en deux dimensions.

- 10 Par exemple, on calcule, pour chaque triangle de la triangulation de la pièce considérée, la variation d'énergie depuis la position initiale du triangle, et on fait ensuite la somme des variations d'énergie de tous les triangles.

- 15 Pour chaque triangle, on peut prendre, en tant que mesure de l'énergie, la variation de la longueur d'un de ses côté ou la variation de son périmètre.

Pour chaque triangle, on peut aussi calculer l'énergie en fonction de sa position en 3D (sur le mannequin), de sa position de repos dans le plan, et d'une valeur de la raideur K du tissu.

- 20 On donne ci-dessous un exemple de module de calcul de l'énergie, pour chaque triangle, en langage C++.

```
//-----début du module de calcul de l'énergie-----
struct coord
25 {
    float UV [2] : // coordonnées du triangle dans le plan
    float XYZ[3] : // coordonnées du triangle en 3D
    };
    //La fonction Energie renvoie la valeur d'énergie d'un triangle
30 //déformé en 3D en fonction de sa position à un instant t en
    //3D, de sa position de repos dans le plan, et d'une valeur de
    //raideur K. Les unités sont homogènes.

    //les paramètres sont :
35 //K : la rigidité
    //a, b, c : les trois point du triangle
```



```

float
Energie (float K,
        const coord* a,
        const coord* b,
5      const coord* c)

{
float Uba, Uca, Vba, Vca, surf ;
float dX, dY, dZ ;
10 float norm, E ;
Uba = b->UV[0] - a->UV[0] ;
Uca = c->UV[0] - a->UV[0] ;
Vba = b->UV[1] - a->UV[1] ;
Vca = c->UV[1] - a->UV[1] ;
15 surf = Vca * Uba - Vba * Uca ;
dX = (Vca * (b->XYZ[0] - a->XYZ[0]) - Vba(c->XYZ[0] - a->XYZ[0]))/surf ;
dY = (Vca * (b->XYZ[1] - a->XYZ[1]) - Vba(c->XYZ[1] - a->XYZ[1]))/surf ;
dZ = (Vca * (b->XYZ[2] - a->XYZ[2]) - Vba(c->XYZ[2] - a->XYZ[2]))/surf ;
norm = sqrtf(dX*dX + dY*dY + dZ*dZ) - 1.0f ;
20 E = K * surf * norm * norm/4 ;
return E ;
}
//-----fin du module de calcul de l'énergie-----

25      La figure 14 représente des étapes d'un procédé de
relaxation selon l'invention.

      Un premier ensemble de parties est défini en fonction de sa
taille (étape 340).

      Une fonction de déformation est ensuite choisie pour chaque
30 ligne de champ (étape S341). Cette fonction est optimisée en fonction
d'un critère de minimisation de l'énergie (étape S342). La fonction
énergie a bien sûr été préalablement définie.

      Une fois l'optimisation obtenue, on définit un autre sous-
ensemble de parties, plus petites (étape S344) et une fonction de
35 déformation est de nouveau choisie en fonction des lignes de champ, et

```

est optimisée. L'algorithme s'arrête lorsque l'opérateur juge le résultat satisfaisant, ou après un nombre d'itérations prédéterminé (étape S343).

La question du déplacement d'un point de maillage triangulaire, sans retournement, va maintenant être traitée.

5 Le problème posé va être expliqué en liaison avec les figures 15A et 15B. Soit un noeud No de maillage, entouré de triangles. On désire déplacer No sans induire de "retournement", comme il s'en produit un sur la figure 15B.

10 On calcule donc d'abord (figure 16) le polygone (convexe) contenant tous les points P tels que P "voit" le contour extérieur des triangles. Il s'agit de l'intersection (hachurée sur la figure 16) des $1/2$ plans définis par tous les côtés du contour. Cette intersection n'est pas vide, puisque le noeud No d'origine respecte la contrainte. On note que, si le contour est convexe, aucun calcul n'est nécessaire, tout point à
15 l'intérieur de contour étant alors un point P .

Le résultat est un polygone convexe. On peut alors calculer un point final intermédiaire No' , respectant le sens des triangles, comme illustré sur la figure 17A. La figure 17B représente le polygone obtenu.

20 Le problème est le même pour un point au bord (c'est-à-dire non entièrement entouré de triangles), à ceci près que le convexe obtenu peut être ouvert, comme illustré sur la figure 18.

Par conséquent, un point de maillage triangulaire est déplacé sans retournement de triangles, à condition que le déplacement soit limité à l'intérieur d'un polygone délimitant tous les points qui voient
25 directement, de l'intérieur, le contour extérieur des triangles.

Respecter la contrainte de non-retournement consiste donc à tester le sens de rotation des triangles adjacents au point à déplacer considéré, et, si un retournement est détecté (un sens de rotation qui s'inverse), réessayer un déplacement plus faible (par exemple la moitié
30 du déplacement initial). En cas d'échec total, on peut essayer de débloquer la situation en déplaçant le point aléatoirement.

La figure 19 est un schéma général d'un procédé selon l'invention, dont les opérations décrites ci-dessus peuvent faire partie.

35 Dans une première étape (S10), les formes, ou sous-ensembles de vêtement, sont définies à plat, en deux dimensions. Au cours de cette étape peuvent également être définies les positions

d'assemblage des différentes pièces. Cette étape peut être mise en oeuvre à l'aide du logiciel commercialisé par la Société Lectra sous la désignation "Modaris".

5 L'étape S20 regroupe les opérations d'habillage du mannequin, telles que déjà décrites ci-dessus.

En particulier, les pièces de vêtement, après avoir été sélectionnées, sont déposées contre la surface du mannequin, sans tenir compte de leurs paramètres physiques. Ensuite, a lieu l'opération de jonction des pièces entre elles, puis la relaxation.

10 Une étape de simulation (S40) peut ensuite avoir lieu, par exemple par la méthode des éléments finis. Une méthode de simulation pouvant être utilisée est décrite par D. Baraff et al. "Large Steps in Cloth Simulation" : Sigraph 1998, Computer Graphics Conference Proceedings, Addison-Wesley, ISBN 0-201-30988-2.

15 La "portabilité" du vêtement peut alors être analysée (étape S50) : l'opérateur peut alors visualiser le vêtement, analyser la configuration ou l'impression d'ensemble. Si quelque chose ne le satisfait pas (une pièce particulière de vêtement est par exemple mal adaptée à une partie du corps), il est possible de sélectionner une
20 nouvelle pièce de vêtement remplaçant la précédente, ou bien de modifier la pièce de vêtement, par exemple à l'aide du logiciel "Modaris" de la déposante.

Dans ce cas, le mannequin est de nouveau habillé (étape S20). Le procédé est alors réitéré depuis l'étape où les pièces sont
25 plaquées sur les formes homologues du mannequin et mises à plat. On reporte, par bijectivité, les données à la surface du mannequin pour la forme ou la partie ayant subi une modification ou une substitution. Puis, on procède à la jointure des bords de la pièce avec les pièces voisines. Le processus de relaxation peut alors être de nouveau exécuté, et agira
30 sur tout le vêtement pour l'amener à sa position d'équilibre sur le mannequin. Ainsi, il peut être tenu compte de toutes les interactions possibles entre la pièce modifiée et toutes les autres pièces de vêtement.

Sinon, la fabrication du vêtement (étape S60) peut avoir lieu.

35 La figure 20 est un organigramme détaillé représentant un procédé d'habillage selon l'invention.

Dans une première étape (S21) le patron à plat (représentation bidimensionnelle) et le mannequin sont sélectionnés.

Il peut ensuite être vérifié (étape S22) s'il y a compatibilité topologique entre le type de vêtement sélectionné et la partie correspondante du mannequin. Par exemple, il peut être vérifié si le nombre de trous du vêtement correspond à celui de ladite partie du mannequin. Si il n'y a pas compatibilité, on peut procéder à l'altération du mannequin (étape S23), par exemple par fusion de parties du mannequin ou par détermination d'une surface déduite du mannequin, comme déjà expliqué ci-dessus.

Les étapes S24 (S241-S244), S25 et S26 sont réalisées pour chaque couple constitué d'une pièce de vêtement et d'une surface ou d'une partie du mannequin.

Si l'on est dans un cas de pièce partielle, ou de pièce comportant une pince, ou de pièce complexe, l'une des étapes suivantes peut être réalisée :

- étape S241 : fusion de la pièce avec une autre pièce
- étape S242 : coupure de pièce complexe
- étape S243 : insertion de ligne homologue sur le mannequin
- étape S244 : fermeture de pince.

Ensuite, il est procédé au maillage de la pièce (étape S27), ce qui détermine le nombre de points à mettre en correspondance avec des points du mannequin, ainsi qu'à la mise à plat de la surface correspondante du mannequin (étape S28).

Le contour de la pièce peut alors être amené sur le contour de la projection du mannequin (étape S29) : le maillage est donc progressivement déformé.

On obtient ainsi (S33) le vêtement "peint" sur le mannequin.

Cette étape S33 termine la mise en place du vêtement sur le mannequin.

Le vêtement peut ensuite être relaxé (étape S34). Vient ensuite l'étape de simulation mécanique (S38), qui permet, pour un tissu donné, d'en trouver le bon drapé, et qui permet d'éliminer les dernières déformations. On obtient une image réaliste du vêtement enfilé sur le mannequin (S39).

Un exemple de dispositif, illustré sur les figures 21A et 21B, va maintenant être donné, pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention. Ce dispositif est globalement désigné par la référence 119.

La figure 21A représente globalement une station graphique
5 comportant un micro-ordinateur 120 configuré de manière adaptée pour le traitement, selon un procédé conforme à l'invention, de modèles de mannequin et de pièces de vêtement, un dispositif 122 de visualisation et des périphériques de contrôle (par exemple un clavier 124 et une souris 125). Le micro-ordinateur 120 comporte une section de calcul
10 avec toutes les composants électroniques, logiciels ou autres, nécessaires à la simulation de l'habillage d'un mannequin avec des pièces de vêtement.

Ainsi, par exemple (figure 21B), le système 120 comporte un processeur programmable 126, une mémoire 128 et un périphérique
15 d'entrée, par exemple un disque dur 132, couplés à un bus système 130. Le processeur peut être, par exemple, un microprocesseur, ou un processeur d'unité centrale ou de station de travail graphique. La mémoire 128 peut être, par exemple, un disque dur, une mémoire morte ROM, un disque optique compact, une mémoire vive dynamique DRAM
20 ou tout autre type de mémoire RAM, un élément de stockage magnétique ou optique, des registres ou d'autres mémoires volatiles et/ou non volatiles. Un algorithme d'habillage de mannequin comporte des instructions qui peuvent être stockées dans la mémoire, et qui permettent d'habiller ce mannequin avec une ou des pièces de
25 vêtement, conformément à l'un quelconque des modes de réalisation de la présente invention. Un programme, permettant de mettre en oeuvre le procédé selon l'invention est résidant ou enregistré sur un support (par exemple : disquette ou CD ROM ou disque dur amovible ou support magnétique) susceptible d'être lu par un système informatique ou par le
30 microordinateur 120. Ce programme concerne un procédé pour habiller, avec des pièces de vêtement, un mannequin représenté en trois dimensions. Il comporte les instructions pour:

- réaliser le dépôt des pièces de vêtement sur la surface du mannequin ou sur une surface déduite de celle du mannequin,
- 35 - réaliser la jonction des pièces de vêtement selon leurs lignes de couture,

- effectuer une relaxation des pièces du vêtement, depuis leur position à la surface du mannequin vers leur position d'équilibre.

Le micro-ordinateur peut comporter des moyens de calcul, pour calculer par exemple les projections des parties sélectionnées du mannequin, ou encore pour calculer des valeurs des lignes de champ de potentiel, si celles-ci ne sont pas déjà préalablement associées au mannequin sélectionné, ou encore pour effectuer les triangulations et leurs déformations, et/ou les opérations d'application du vêtement au mannequin. Ces moyens de calcul permettent également de réaliser les calculs des énergies (énergie de traction) et les calculs de minimisation de ces énergies lors de la relaxation..

Le micro-ordinateur 120 peut être programmé pour générer des formes de mannequin. ou bien de telles formes peuvent être préalablement mémorisées, par exemple dans la mémoire 128. De même des formes de pièces de vêtement peuvent aussi être préalablement mémorisées. Dans ce cas, des moyens sont prévus, qui permettent de sélectionner un mannequin et une ou plusieurs pièces de vêtement. Ces éléments peuvent avoir été obtenus par CAO ou par des systèmes de génération automatique.

Le micro-ordinateur 120 peut être également relié à d'autres dispositifs périphériques, tels que par exemple, des dispositifs d'impression 132. Il peut être relié à un réseau électronique de type Internet, permettant d'envoyer des données relatives aux mannequins et/ou aux vêtements.

Il est possible d'afficher sur l'écran 122 une image représentant un mannequin sélectionné par un opérateur. Celui-ci sélectionne également les pièces de vêtement, qui sont déposées contre la surface du mannequin, sans tenir compte de leurs paramètres physiques et comme déjà expliqué ci-dessus. Il peut y avoir un affichage intermédiaire, sur le dispositif 122, des parties du vêtement plaquées contre le mannequin, donc dans leur état comprimé, avant relaxation. Ensuite, a lieu l'opération de jonction des pièces entre elles, puis l'étape de relaxation.

L'opérateur peut alors visualiser le vêtement, analyser la configuration ou l'impression d'ensemble, et si quelque chose ne le

satisfait pas, il peut sélectionner une nouvelle pièce de vêtement remplaçant la précédente, ou modifier une pièce de vêtement.

Il est également possible de réaliser physiquement le vêtement, par exemple par opérations de découpe des pièces dans un tissu, après avoir validé ces pièces par simulation. Une telle opération de découpe peut être faite selon des procédés et avec des dispositifs connus, par exemple comme décrit dans le document US- 5 825 652.

Un tel dispositif est illustré sur la figure 22. Il comporte des moyens 136 de type table de découpe, sur laquelle peuvent être positionnées des feuilles 138 de matériau à découper, par exemple du tissu, des moyens 140 de positionnement et de déplacement d'un outil de découpe 150 au-dessus de cette table, et des moyens 142 de pilotage ou de commande de ces moyens de positionnement et de découpe. Les moyens de pilotage sont des moyens informatiques. Ils peuvent en outre comporter des moyens 144 de visualisation de la pièce à découper, dont les données ont été transmises et/ou des moyens de visualisation de la zone de la pièce positionnée sur la table de découpe.

Les données concernant les pièces, qui ont été validées conformément à l'invention par simulation à l'aide du dispositif 119, peuvent par exemple être transmises aux moyens 142 de commande du dispositif de découpe par une liaison 146 d'un réseau de communication. Il est également possible de mémoriser les données sur un support de type disquette, et de les charger ensuite dans une mémoire des moyens 142 de commande du dispositif de découpe.

REVENDECATIONS

1. Procédé pour visualiser un vêtement, composé de pièces de vêtement, ayant des lignes de couture, sur un mannequin virtuel, ce
5 procédé comportant :

- le dépôt des pièces de vêtement (30, 34, 36, 38, 40, 44, 50) sur la surface du mannequin (32, 42) ou sur une surface (48) déduite de celle du mannequin,
- 10 - la jonction des pièces de vêtement, selon leurs lignes de couture,
- la relaxation de chaque pièce du vêtement, depuis sa position à la surface du mannequin vers sa position d'équilibre sur le mannequin.

2. Procédé selon la revendication 1, le dépôt des pièces de
15 vêtement à la surface du mannequin comportant l'établissement d'une relation bijective et continue entre au moins une partie d'une pièce de vêtement et une portion correspondante de la surface du mannequin.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, le dépôt des pièces de vêtement à la surface du mannequin comportant l'établissement
20 d'une relation bijective et continue entre des points représentatifs d'une pièce de vêtement et des points d'une portion correspondante de la surface du mannequin.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, l'établissement d'une relation bijective et continue entre une pièce de vêtement et une
25 portion correspondante de la surface du mannequin comportant :

- la sélection d'une partie du mannequin, topologiquement homologue à la pièce de vêtement ;
- la projection de cette partie du mannequin sur un plan ;
- la déformation de la pièce pour l'amener à coïncider avec
30 ladite projection.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel :
- on réalise une triangulation de la pièce de vêtement ;
- on déforme la triangulation de la pièce pour l'amener à
coïncider avec ladite projection.

6. Procédé selon la revendication 5, la triangulation de la
35 pièce étant déformée par :

- déplacement de points définissant un contour de la pièce vers des points d'un contour de ladite projection;

- déplacement des points, sommets des triangles, à l'intérieur du contour de la pièce.

5 7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, la triangulation étant déformée tout en respectant une contrainte de non-retournement des triangles de la triangulation de la pièce.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, la relaxation d'une pièce de vêtement comportant :

10 - la subdivision de la pièce de vêtement en un premier ensemble de parties

- la déformation de cet ensemble de parties, en minimisant une fonction énergie de la pièce de vêtement.

15 9. Procédé selon la revendication 8, la relaxation de la pièce de vêtement comportant également:

- la subdivision de la pièce de vêtement en un deuxième ensemble de parties, plus petites que les parties du premier ensemble

- la déformation de ce deuxième ensemble de parties, en minimisant une fonction énergie de la pièce de vêtement.

20 10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9, la fonction énergie représentant l'énergie de traction de la pièce de vêtement.

25 11. Procédé selon l'une des revendications 8 à 10, la fonction énergie de la pièce de vêtement étant calculée par rapport à la position de cette pièce en deux dimensions, et en fonction d'une valeur de la raideur K d'un tissu.

12. Procédé selon la revendication 8 à 11, la déformation des ensembles de parties comportant:

- un déplacement le long de lignes de champ issues du mannequin

30 - un déplacement le long de la surface du tissu, dans les autres directions.

13. Procédé selon la revendication 12, des données correspondant aux lignes de champ étant préalablement mémorisées.

35 14. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, les parties des premiers et deuxième ensembles de parties étant des zones connexes de la pièce de vêtement.

15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, une pièce du vêtement comportant une pince (40), qui est refermée avant dépôt de ladite pièce à la surface du mannequin (32).

5 16. Procédé selon l'une des revendications précédentes, deux pièces de vêtement (34, 36) étant préalablement jointes avant de les déposer à la surface du mannequin (32).

17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, une des pièces du vêtement (40) étant préalablement découpée en au moins deux sous-pièces avant dépôt à la surface du mannequin (42).

10 18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre:

- la sélection d'une des pièces de vêtement relaxées, dite pièce à remplacer,

- la sélection d'une autre pièce de vêtement, dite pièce de
15 remplacement

- le dépôt de cette pièce de remplacement sur la surface du mannequin

- la jonction éventuelle de cette pièce de remplacement avec les autres pièces, selon ses lignes de couture

- la relaxation de l'ensemble des pièces du vêtement, depuis
20 leur position à la surface du mannequin vers leur position d'équilibre sur le mannequin.

19. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre:

- la sélection d'une des pièces de vêtement relaxées, dite
25 pièce à modifier,

- la modification de cette pièce

- le dépôt de cette pièce modifiée sur la surface du mannequin

- la jonction éventuelle de cette pièce modifiée avec les autres
30 pièces, selon ses lignes de couture

- la relaxation de l'ensemble des pièces du vêtement, depuis leur position à la surface du mannequin vers leur position d'équilibre sur le mannequin.

35 20. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre une étape de simulation mécanique du vêtement.

21. Procédé pour réaliser des pièces de vêtement, comportant:

- la visualisation préalable du vêtement sur un mannequin virtuel, selon un procédé conforme à l'une des revendications 1 à 20

5 - la réalisation des pièces du vêtement.

22. Dispositif (119) pour visualiser des pièces de vêtement sur un mannequin, comportant :

- des moyens (120, 126, 128, 132) de calcul, pour:

10 - réaliser le dépôt de pièces de vêtement sur la surface du mannequin ou sur une surface déduite de celle du mannequin,

- joindre les pièces de vêtement selon leurs ligne de couture,

15 - réaliser une relaxation des pièces du vêtement, depuis leur position à la surface du mannequin vers leur position d'équilibre sur le mannequin

- des moyens (122) de visualisation, pour visualiser le mannequin ainsi que les pièces de vêtement sur le mannequin,

20 23. Dispositif selon la revendication 22, permettant en outre de visualiser préalablement le mannequin sélectionné et/ou les pièces de vêtement sélectionnées.

24. Dispositif selon la revendication 22 ou 23, comportant en outre des moyens (124, 125) pour modifier une pièce de vêtement sélectionnée ou pour remplacer une pièce de vêtement par une autre pièce de vêtement.

25 25. Dispositif selon l'une des revendications 22 à 24, comportant en outre des moyens (124, 125) pour sélectionner des pièces de vêtement parmi une base de données de vêtements préétablie.

30 26. Dispositif selon l'une des revendications 22 à 25, comportant en outre des moyens (124, 125) pour sélectionner un mannequin parmi une base de données de mannequins préétablies.

27. Dispositif selon l'une des revendications 22 à 26, comportant en outre des moyens de mémorisation de données relatives aux pièces de vêtement et/ou au mannequin.

35 28. Dispositif pour réaliser des pièces de vêtement, comportant :

- un dispositif de visualisation (119) selon l'une des revendications 22 à 28,

- des moyens (136, 138, 140, 150) pour réaliser la découpe de pièces de vêtement

- 5 - des moyens (146) de transmission de données entre le dispositif de visualisation (119) et les moyens pour réaliser la découpe des pièces de vêtement.

- 10 29. Dispositif selon la revendication 28, les moyens (140,150) pour réaliser la découpe des pièces de vêtement étant commandés par un microordinateur (142), les moyens (146) de transmission de données reliant le dispositif de visualisation (119) et le microordinateur.

30. Dispositif selon la revendication 28 ou 29, les moyens (146) de transmission de données faisant partie d'un réseau de communication.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour visualiser un vêtement, composé de pièces de vêtement, représenté par des données mémorisées dans une mémoire d'un ordinateur (119), et ayant des lignes de couture, sur un modèle de mannequin représenté par des données mémorisées dans une mémoire d'un ordinateur (119), et ce procédé comportant :
- le dépôt des pièces de vêtement (30, 34, 36, 38, 40, 44, 50) sur la surface du modèle de mannequin (32, 42) ou sur une surface (48) déduite de celle du modèle de mannequin,
 - la jonction des pièces de vêtement, selon leurs lignes de couture,
 - la relaxation de chaque pièce du vêtement, depuis sa position à la surface du modèle de mannequin vers sa position d'équilibre sur le modèle de mannequin.
2. Procédé selon la revendication 1, le dépôt des pièces de vêtement à la surface du modèle de mannequin comportant l'établissement d'une relation bijective et continue entre au moins une partie d'une pièce de vêtement et une portion correspondante de la surface du modèle de mannequin.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, le dépôt des pièces de vêtement à la surface du modèle de mannequin comportant l'établissement d'une relation bijective et continue entre des points représentatifs d'une pièce de vêtement et des points d'une portion correspondante de la surface du modèle de mannequin.
4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, l'établissement d'une relation bijective et continue entre une pièce de vêtement et une portion correspondante de la surface du modèle de mannequin comportant :
- la sélection d'une partie du modèle de mannequin, topologiquement homologue à la pièce de vêtement ;
 - la projection de cette partie du modèle de mannequin sur un plan ;
 - la déformation de la pièce pour l'amener à coïncider avec ladite projection.
5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel :

- on réalise une triangulation de la pièce de vêtement ;
- on déforme la triangulation de la pièce pour l'amener à coïncider avec ladite projection.

5 6. Procédé selon la revendication 5, la triangulation de la pièce étant déformée par :

- déplacement de points définissant un contour de la pièce vers des points d'un contour de ladite projection;
- déplacement des points, sommets des triangles, à l'intérieur du contour de la pièce.

10 7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, la triangulation étant déformée tout en respectant une contrainte de non-retournement des triangles de la triangulation de la pièce.

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, la relaxation d'une pièce de vêtement comportant :

- 15
- la subdivision de la pièce de vêtement en un premier ensemble de parties
 - la déformation de cet ensemble de parties, en minimisant une fonction énergie de la pièce de vêtement.

20 9. Procédé selon la revendication 8, la relaxation de la pièce de vêtement comportant également:

- la subdivision de la pièce de vêtement en un deuxième ensemble de parties, plus petites que les parties du premier ensemble
- la déformation de ce deuxième ensemble de parties, en minimisant une fonction énergie de la pièce de vêtement.

25 10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9, la fonction énergie représentant l'énergie de traction de la pièce de vêtement.

30 11. Procédé selon l'une des revendications 8 à 10, la fonction énergie de la pièce de vêtement étant calculée par rapport à la position de cette pièce en deux dimensions, et en fonction d'une valeur de la raideur K d'un tissu.

12. Procédé selon la revendication 8 à 11, la déformation des ensembles de parties comportant:

- un déplacement le long de lignes de champ issues du modèle de mannequin
- 35 - un déplacement le long de la surface du tissu, dans les autres directions.

13. Procédé selon la revendication 12, des données correspondant aux lignes de champ étant préalablement mémorisées.

14. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, les parties des premiers et deuxième ensembles de parties étant des zones
5 connexes de la pièce de vêtement.

15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, une pièce du vêtement comportant une pince (40), qui est refermée avant dépôt de ladite pièce à la surface du modèle de mannequin (32).

16. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
10 deux pièces de vêtement (34, 36) étant préalablement jointes avant de les déposer à la surface du modèle de mannequin (32).

17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, une des pièces du vêtement (40) étant préalablement découpée en au moins deux sous-pièces avant dépôt à la surface du modèle de mannequin
15 (42).

18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre:

- la sélection d'une des pièces de vêtement relaxées, dite pièce à remplacer,
- 20 - la sélection d'une autre pièce de vêtement, dite pièce de remplacement
- le dépôt de cette pièce de remplacement sur la surface du modèle de mannequin
- la jonction éventuelle de cette pièce de remplacement avec
25 les autres pièces, selon ses lignes de couture
- la relaxation de l'ensemble des pièces du vêtement, depuis leur position à la surface du mannequin vers leur position d'équilibre sur le modèle de mannequin.

19. Procédé selon l'une des revendications précédentes,
30 comportant en outre:

- la sélection d'une des pièces de vêtement relaxées, dite pièce à modifier,
- la modification de cette pièce
- le dépôt de cette pièce modifiée sur la surface du modèle de
35 mannequin

- la jonction éventuelle de cette pièce modifiée avec les autres pièces, selon ses lignes de couture
 - la relaxation de l'ensemble des pièces du vêtement, depuis leur position à la surface du modèle de mannequin vers leur position d'équilibre sur le modèle de mannequin.
20. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre une étape de simulation mécanique du vêtement.
21. Procédé pour réaliser des pièces de vêtement, comportant:
- la visualisation préalable du vêtement sur un modèle de mannequin, selon un procédé conforme à l'une des revendications 1 à 20
 - la réalisation des pièces du vêtement.
22. Dispositif (119) pour visualiser des pièces de vêtement sur un modèle de mannequin, comportant :
- des moyens (120, 126, 128, 132) de calcul, pour:
 - réaliser le dépôt de pièces de vêtement sur la surface du modèle de mannequin ou sur une surface déduite de celle du modèle de mannequin,
 - joindre les pièces de vêtement selon leurs ligne de couture,
 - réaliser une relaxation des pièces du vêtement, depuis leur position à la surface du modèle de mannequin vers leur position d'équilibre sur le modèle de mannequin
 - des moyens (122) de visualisation, pour visualiser le modèle de mannequin ainsi que les pièces de vêtement sur le modèle de mannequin,
23. Dispositif selon la revendication 22, permettant en outre de visualiser préalablement le modèle de mannequin sélectionné et/ou les pièces de vêtement sélectionnées.
24. Dispositif selon la revendication 22 ou 23, comportant en outre des moyens (124, 125) pour modifier une pièce de vêtement sélectionnée ou pour remplacer une pièce de vêtement par une autre pièce de vêtement.
25. Dispositif selon l'une des revendications 22 à 24, comportant en outre des moyens (124, 125) pour sélectionner des

pièces de vêtement parmi une base de données de vêtements préétablie.

5 26. Dispositif selon l'une des revendications 22 à 25, comportant en outre des moyens (124, 125) pour sélectionner un modèle de mannequin parmi une base de données de mannequins préétablies.

27. Dispositif selon l'une des revendications 22 à 26, comportant en outre des moyens de mémorisation de données relatives aux pièces de vêtement et/ou au modèle de mannequin.

10 28. Dispositif pour réaliser des pièces de vêtement, comportant :

- un dispositif de visualisation (119) selon l'une des revendications 22 à 28,

15 - des moyens (136, 138, 140, 150) pour réaliser la découpe de pièces de vêtement

- des moyens (146) de transmission de données entre le dispositif de visualisation (119) et les moyens pour réaliser la découpe des pièces de vêtement.

20 29. Dispositif selon la revendication 28, les moyens (140,150) pour réaliser la découpe des pièces de vêtement étant commandés par un microordinateur (142), les moyens (146) de transmission de données reliant le dispositif de visualisation (119) et le microordinateur.

25 30. Dispositif selon la revendication 28 ou 29, les moyens (146) de transmission de données faisant partie d'un réseau de communication.

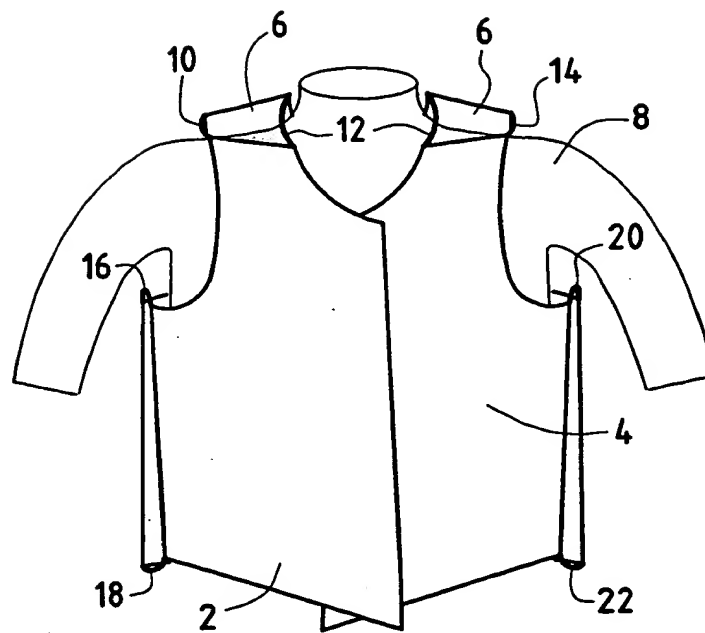


FIG. 1

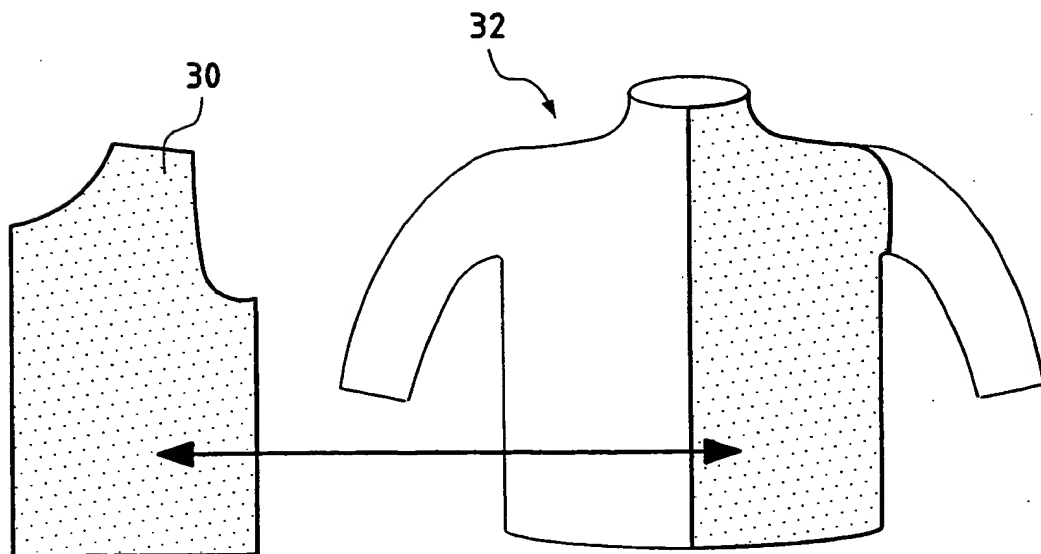
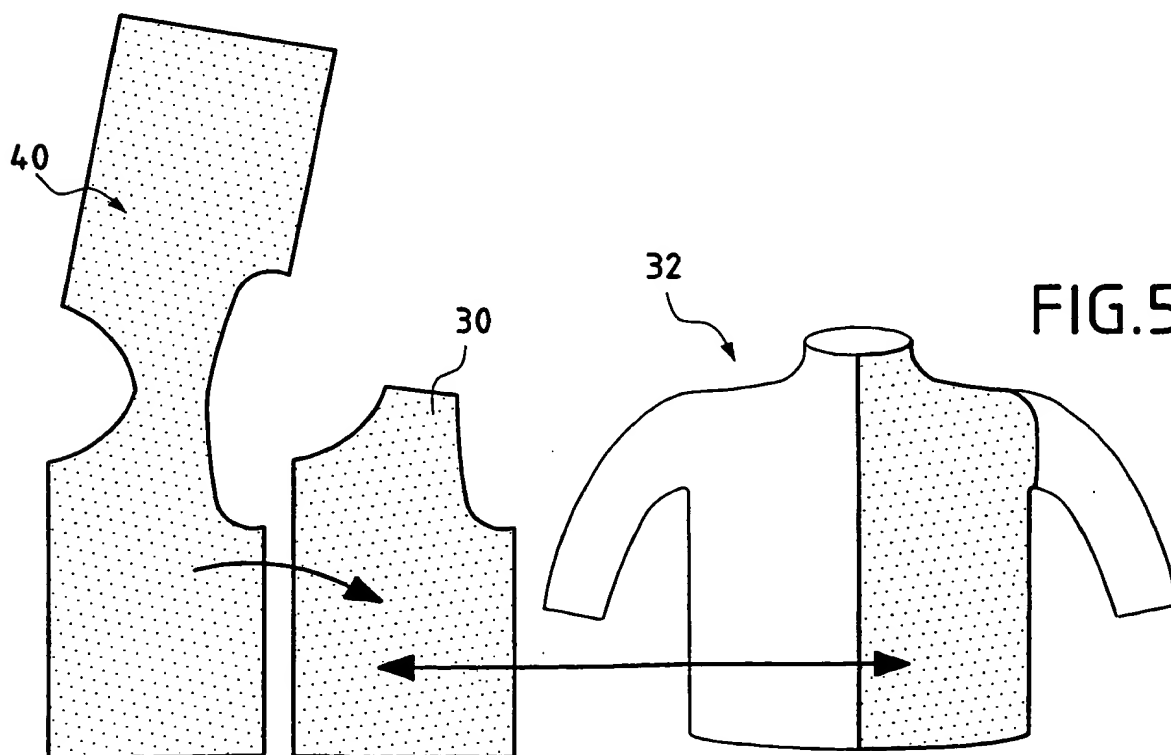
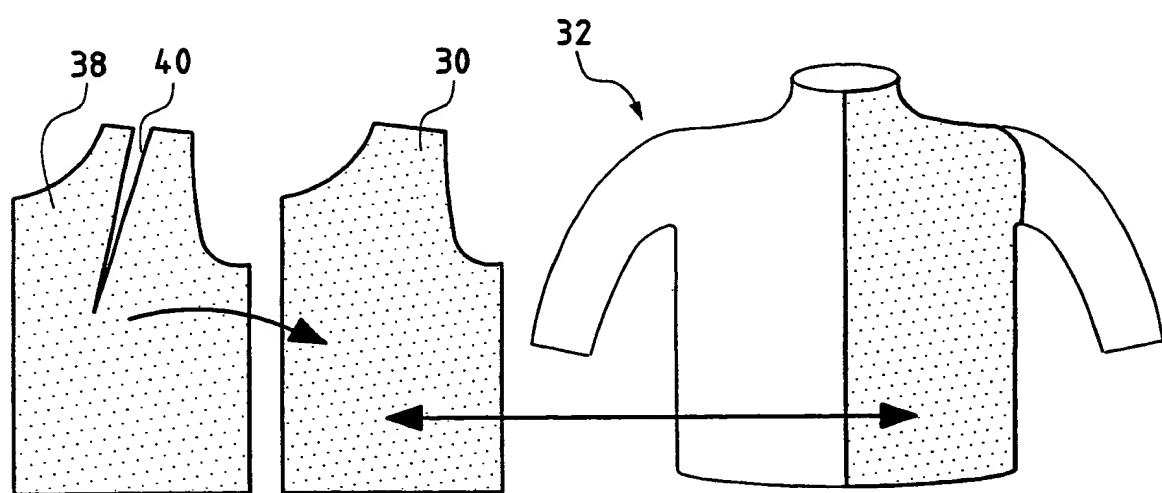
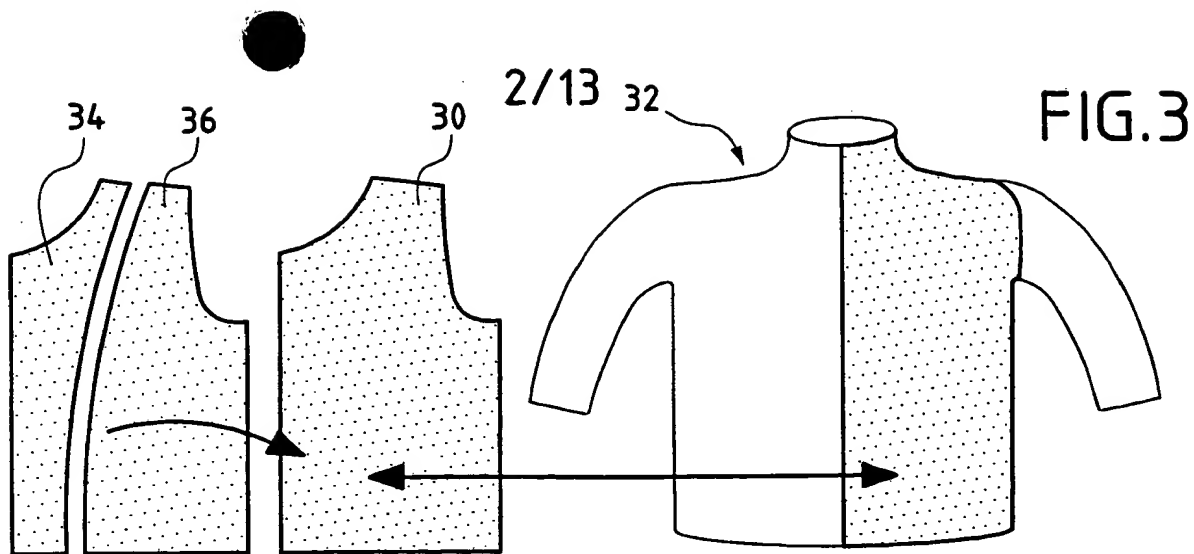


FIG. 2



3/13

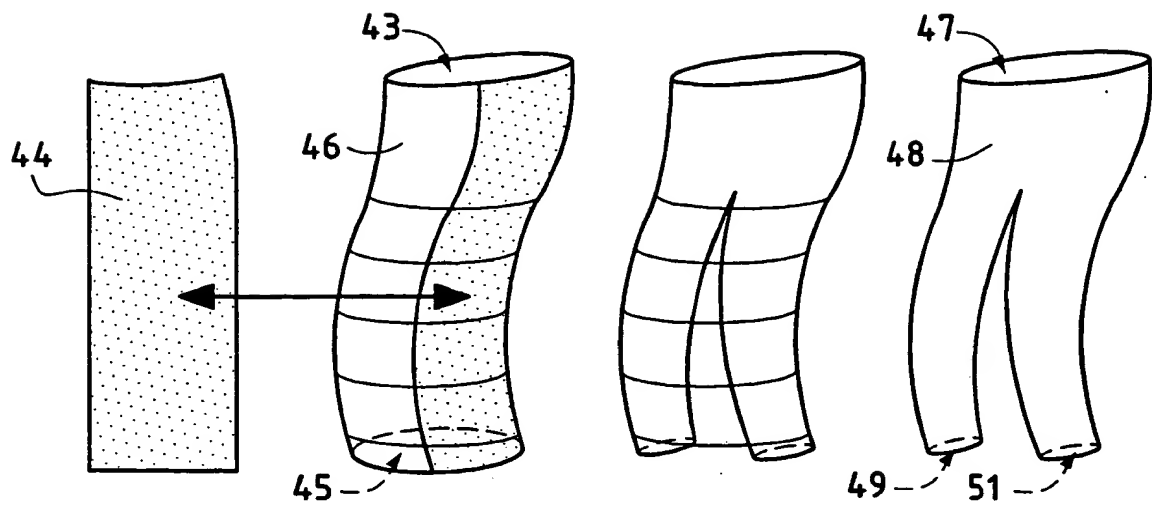


FIG. 6

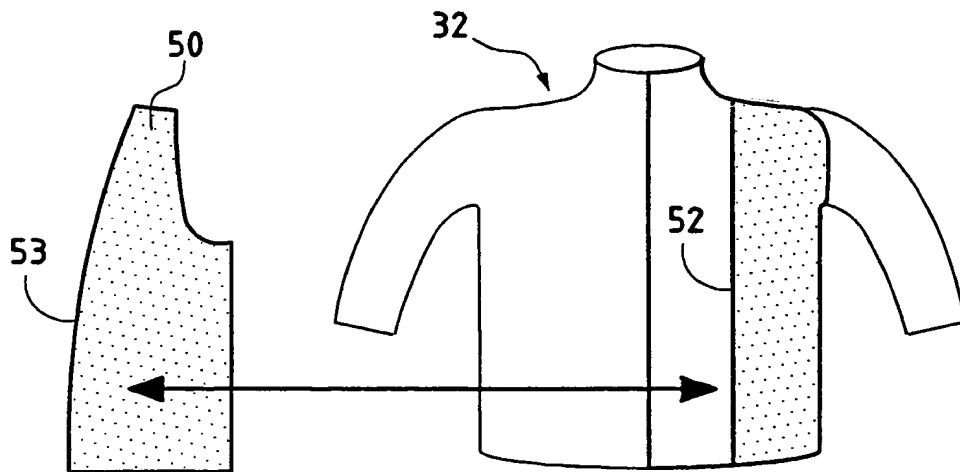


FIG. 7

FIG. 8

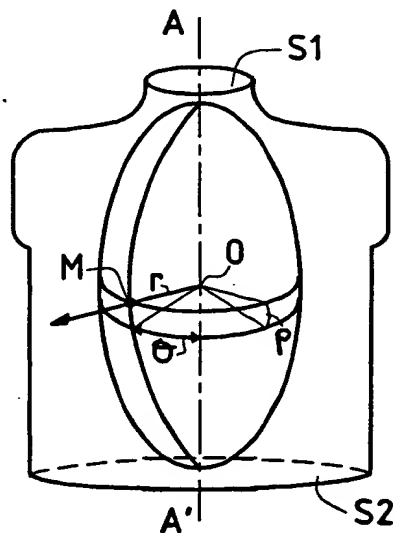


FIG. 9A

5/13

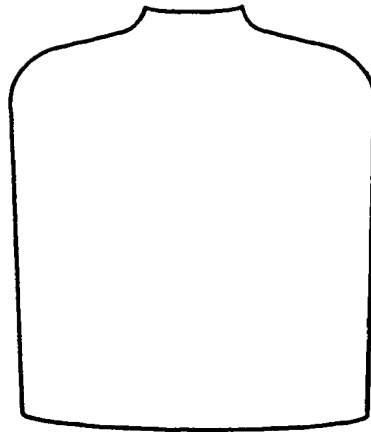


FIG.9B

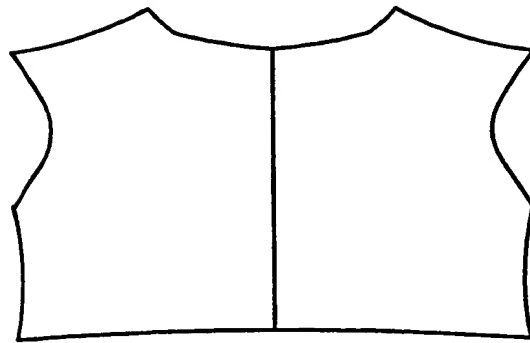


FIG.10

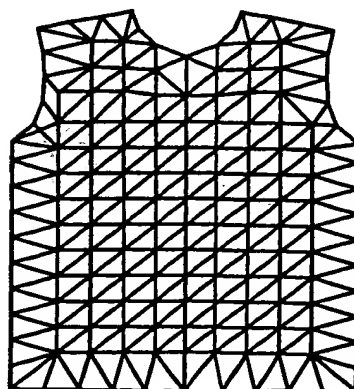


FIG.11

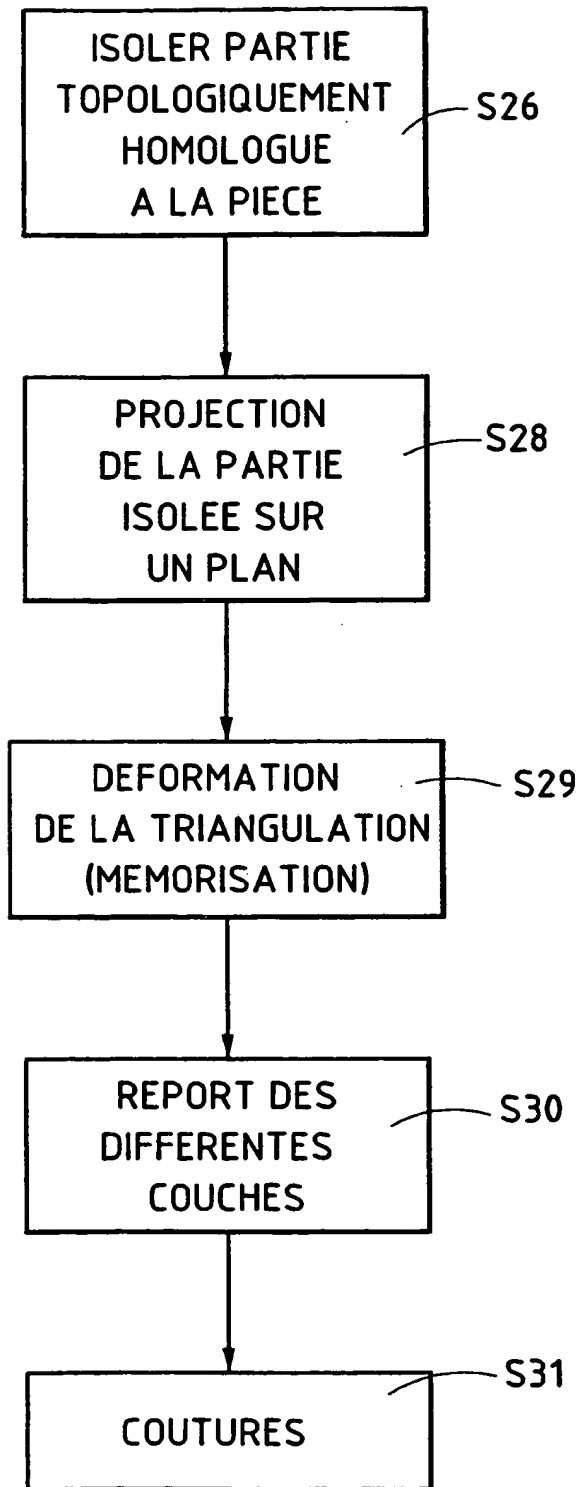


FIG.12

7/13

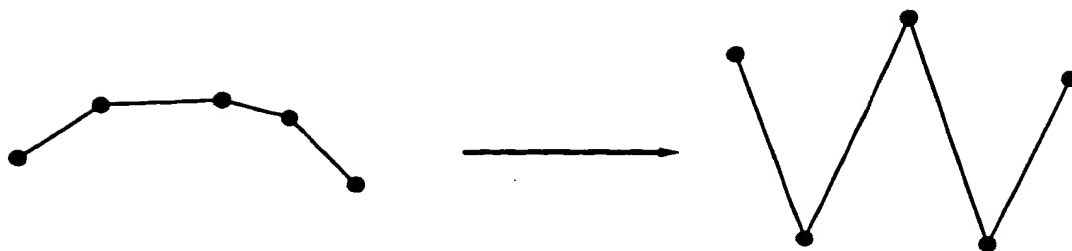


FIG.13

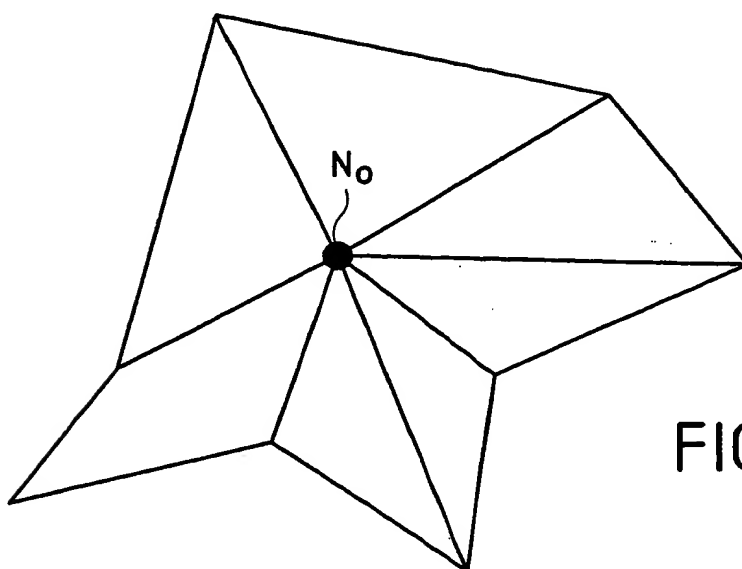


FIG.15A

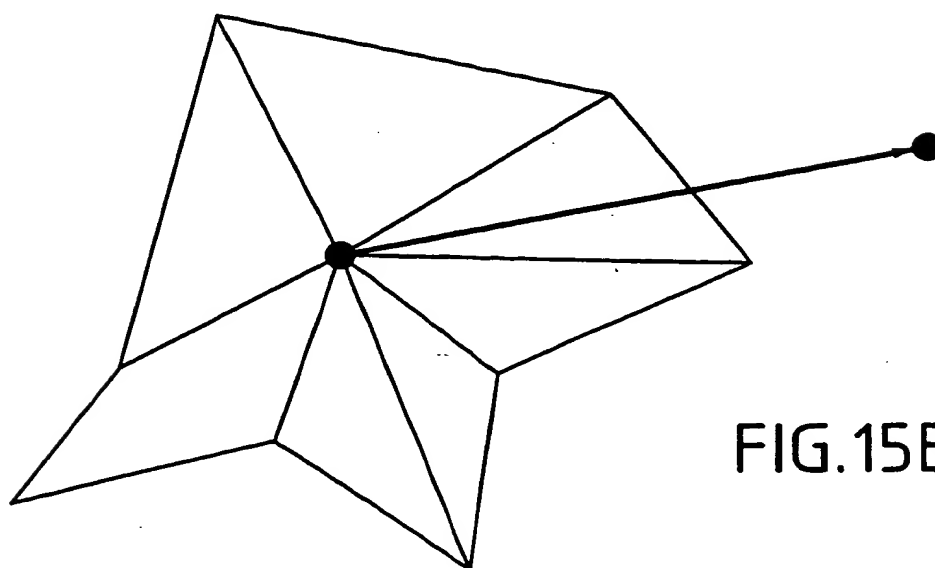


FIG.15B

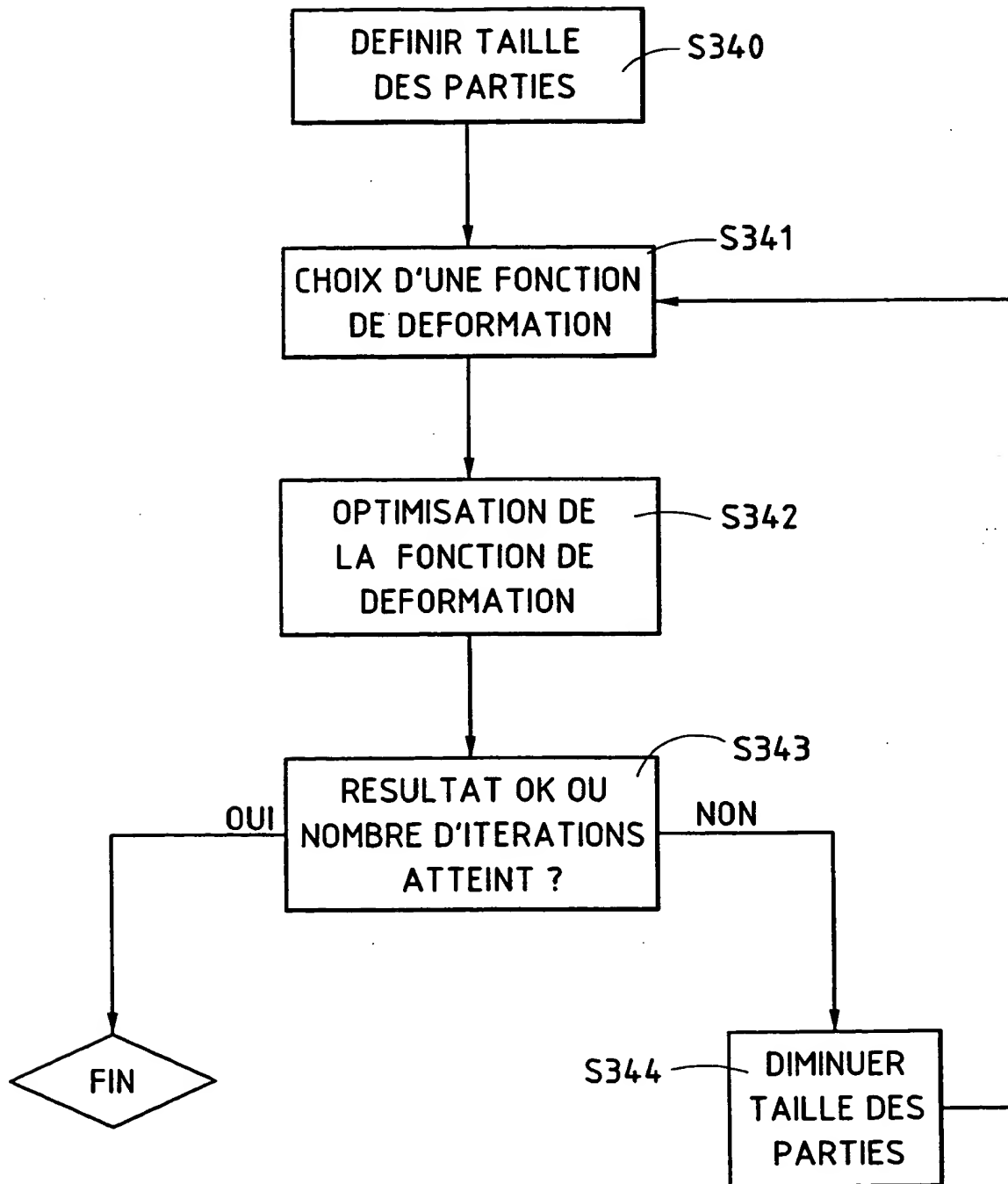


FIG.14

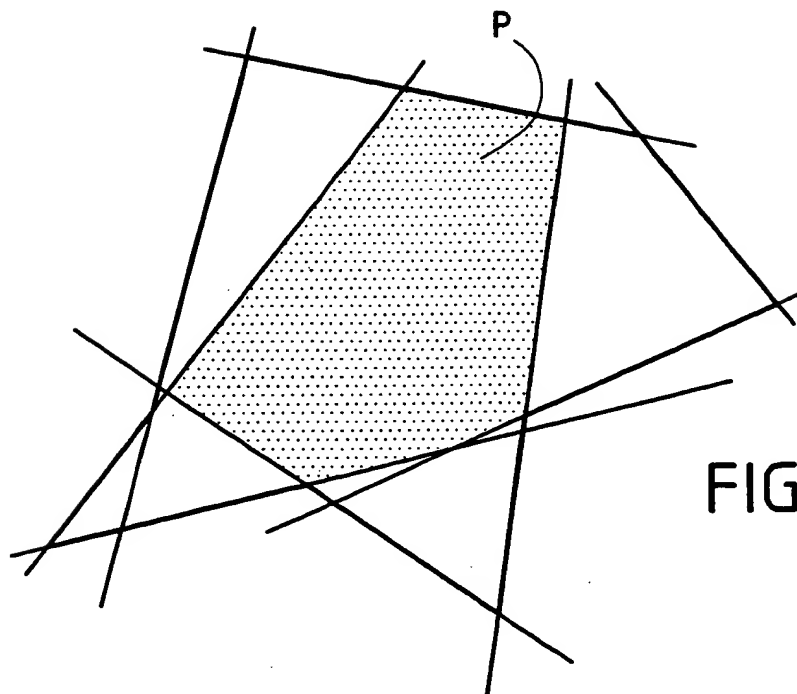


FIG. 16

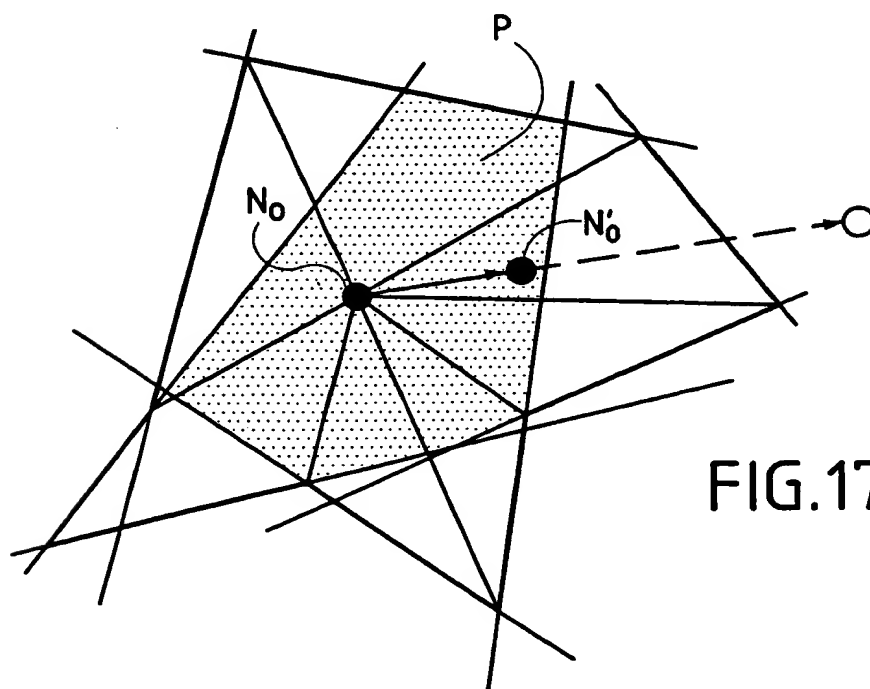


FIG. 17A

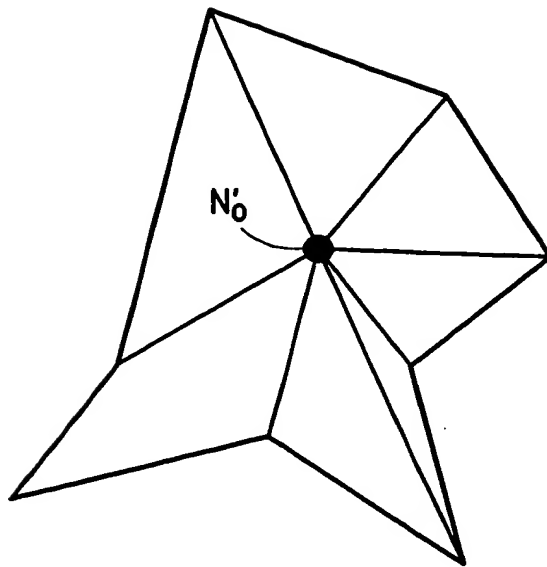


FIG.17B

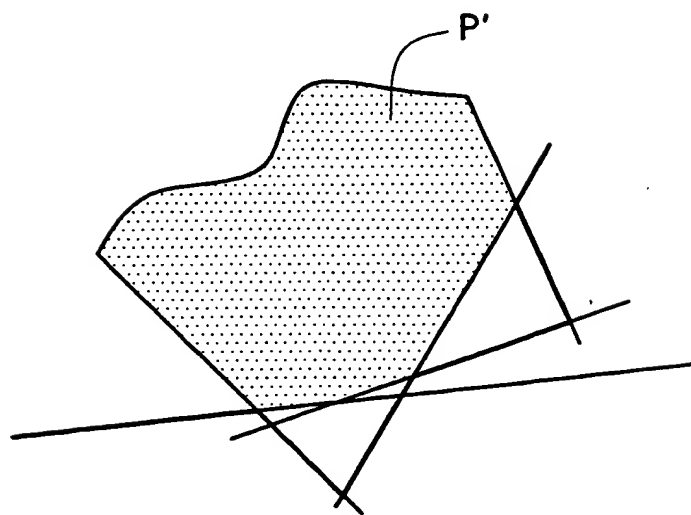


FIG.18

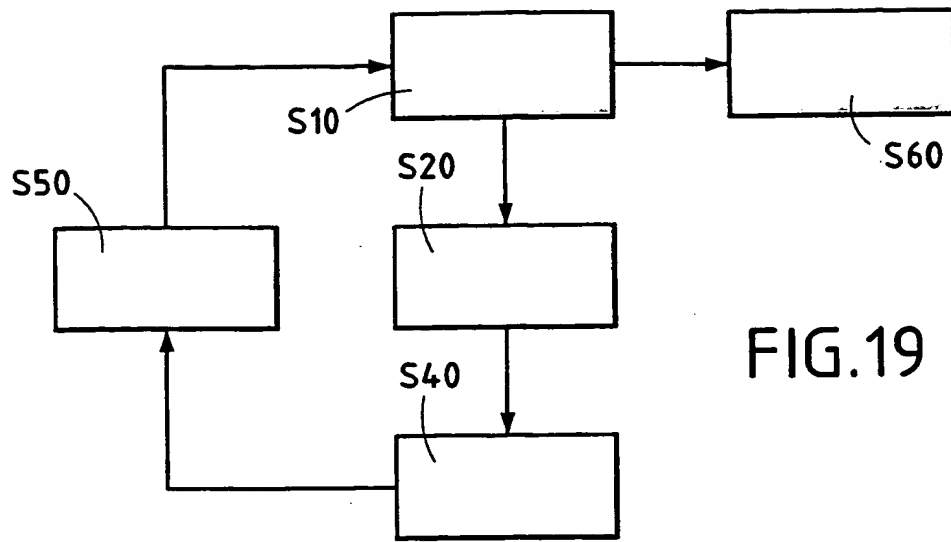


FIG. 19

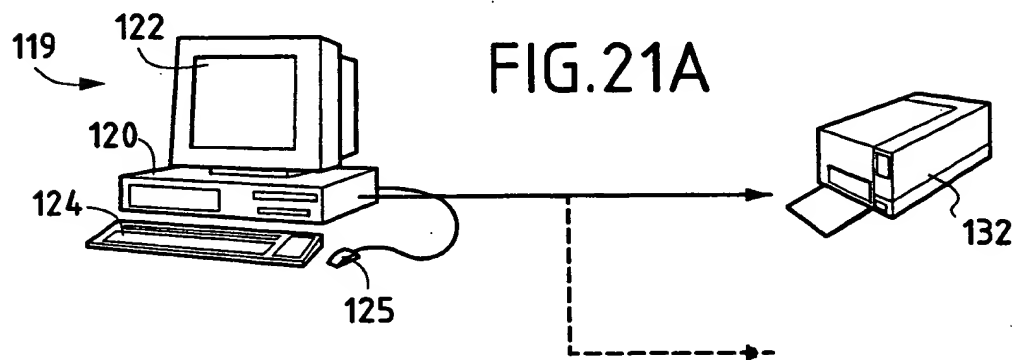


FIG. 21A

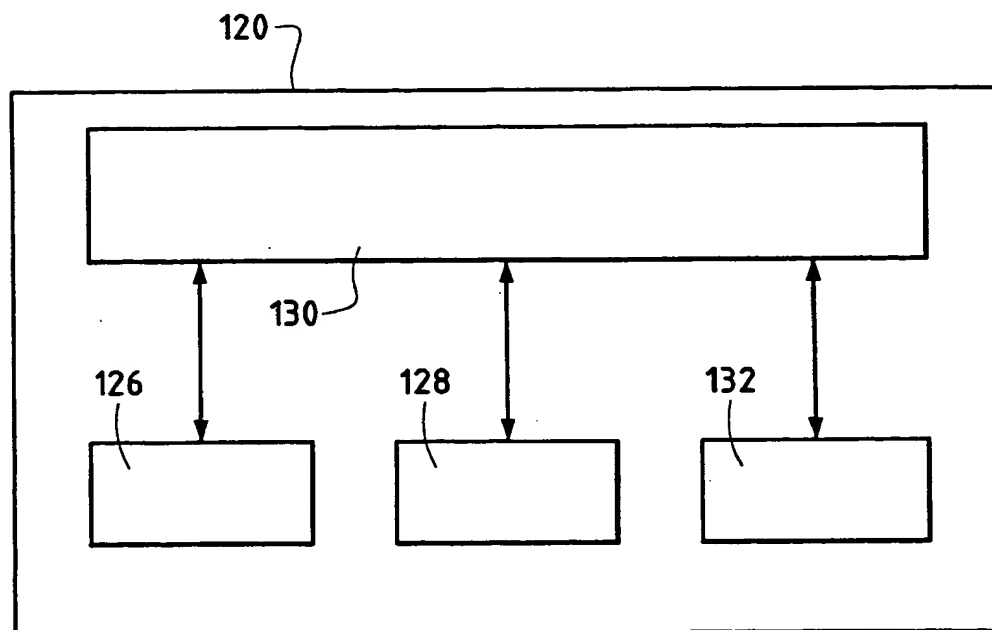


FIG. 21B

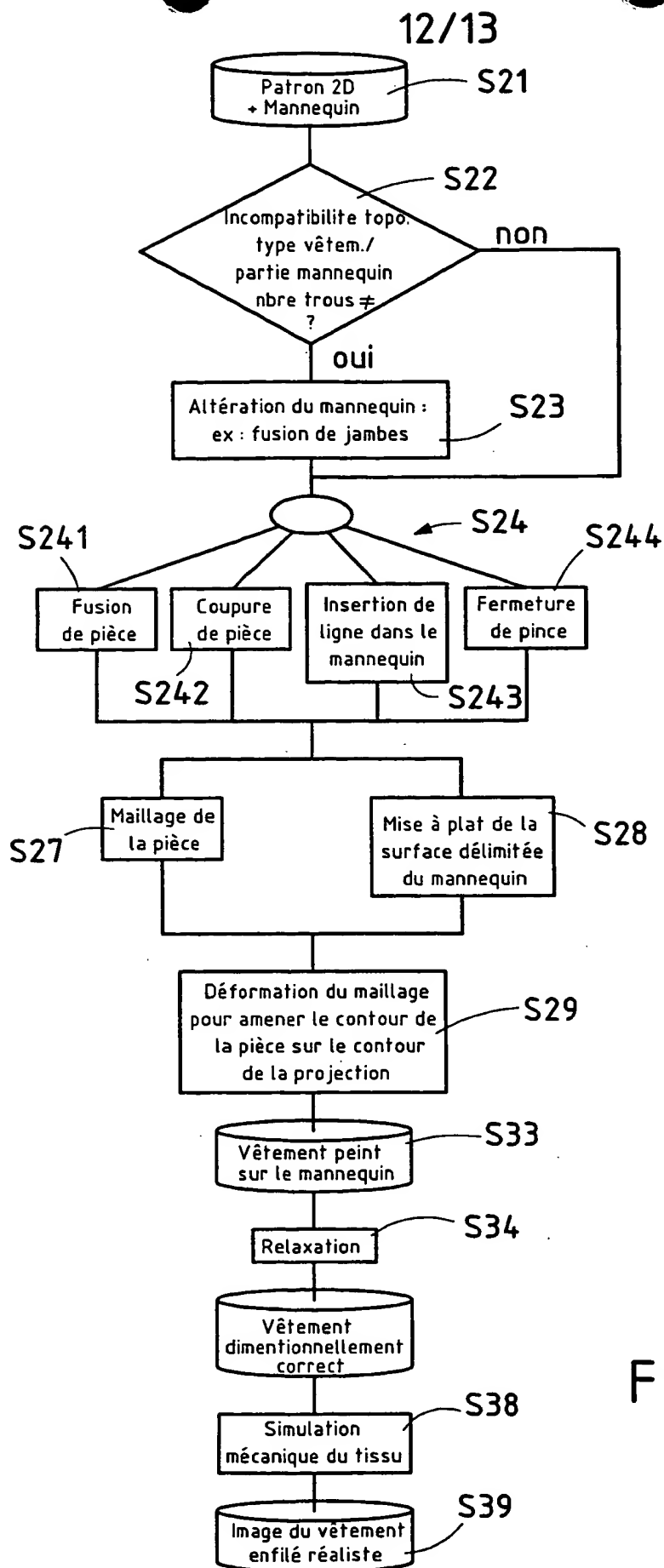


FIG.20

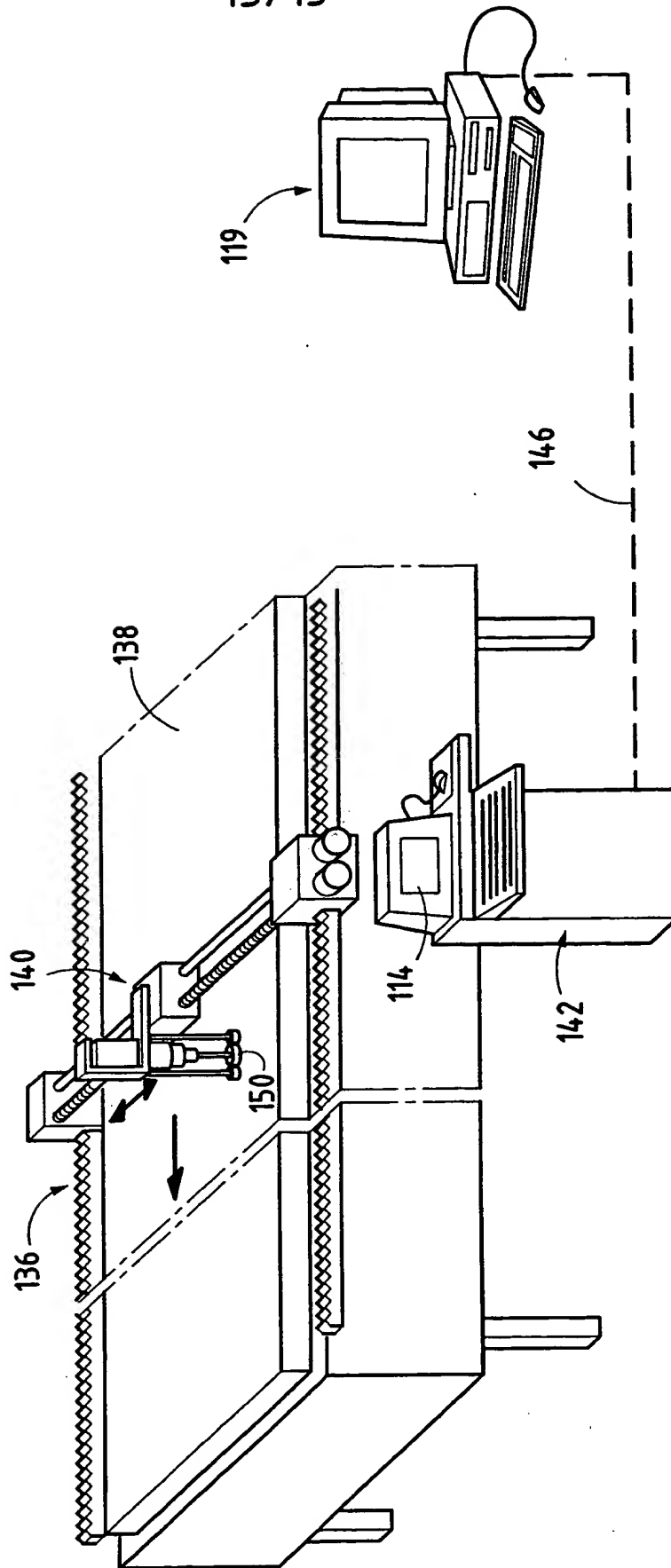


FIG. 22